

ACADEMIE DE MONTPELLIER



UNIVERSITE MONTPELLIER II

(Sciences et Techniques du Languedoc)

**D.E.S.S.
METHODES STATISTIQUES DES INDUSTRIES AGRONOMIQUES,
AGROALIMENTAIRES ET PHARMACEUTIQUES**

MEMOIRE sur le stage

**Analyse de l'évolution de la végétation prairiale d'altitude de l'île de la
Réunion
Relation avec les pratiques d'élevage**

- **Effectué par Benjamin GIRAULT du 03/03/2003 au 29/08/03**
- **Au CIRAD-EMVT de Montpellier et de Saint-Pierre**
- **Sous le co-encadrement de V. Blanfort (CIRAD-EMVT), S. Messad (CIRAD-EMVT), P. Thomas (UAFP) et J. Huguenin (CIRAD-EMVT)**
- **Soutenu le 12/09/2003**
- **Devant la commission d'examen**

C. ALIAUME, A. DELCAMP, R. SABATIER, J. SARACCO



Centre de coopération Internationale en
Recherche Agronomique pour le
Développement



aménagement des hauts

Commissariat à l'Aménagement
Des Hauts

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier Vincent Blanfort (CIRAD-EMVT), Samir Messad (CIRAD-EMVT), Patrick Thomas (UAFP) et Johann Huguenin (CIRAD-EMVT) qui m'ont encadré à différentes étapes de se stage et pour leurs conseils.

Je remercie également Patrice Grimaud et Bernard Faye (CIRAD-EMVT) pour les moyens qu'ils ont mis à ma disposition aux CIRAD de Saint Pierre et Montpellier.

Merci aussi à :

- Expédit Rivière, technicien au CIRAD-EMVT (Saint-Pierre) qui m'a accompagné lors des enquêtes, ainsi que les éleveurs pour leur accueil et leur coopération.
- Thomas Le Bourgeois (CIRAD-CA) pour son aide lors de la réalisation de la florule
- Jean-Philippe Choisis et Emmanuel Tillard (CIRAD-EMVT) pour leurs conseils avisés en fin de stage
- Emilie Nataf (stagiaire SICALAIT) pour son aide et son soutien

Enfin, merci à mes colocataires successifs pour l'ambiance qu'ils ont su créer et leur bonne humeur et à tous les autres pour les bons moments que nous avons passé ensemble.

SOMMAIRE

1. CONTEXTE.....	2
1.1. LES ACTIONS DE RECHERCHE ET DE DEVELOPPEMENT SUR LES PATURAGES A L'ILE DE LA REUNION	2
1.2. ENVIRONNEMENT BIOPHYSIQUE	3
1.2.1. L'île de la réunion	3
1.2.2. Conditions climatiques	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
1.2.3. Caractéristiques pédologiques	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
1.2.4. Particularité de la végétation réunionnaise	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
1.3. CONTEXTE SOCIO-ECONOMIQUE	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
1.3.1. La filière lait	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
1.3.2. La filière allaitante	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
1.3.3. Les ressources fourragères.....	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
1.3.4. Nouvelles contraintes pesant sur l'élevage bovin.....	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
1.3.5. Contrôle de la dynamique floristique	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
2. MATERIEL ET METHODE	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
2.1. PRINCIPES THEORIQUES : L'ECOLOGIE SYSTEMIQUE	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
2.2. TYPES D'APPROCHE ET INDICATEURS.....	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
2.2.1. Echelles d'observations	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
2.2.2. Les approches de la composition botanique.....	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
2.2.2.1. Approche phytosociologique de la végétation	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
2.2.2.2. Approche agro-écologique au niveau de la parcelle	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
2.3. RECUEIL DES DONNEES	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
2.3.1. Échantillonnage.....	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
2.3.2. Les variables étudiées.....	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
2.3.2.1. Données floristiques	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
2.3.2.2. Indicateurs du fonctionnement des pâturages	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
2.3.2.3. Evolution des pratiques des éleveurs	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
2.4. METHODES D'ANALYSE DES DONNEES	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
2.4.1. Analyses multivariées à un tableau	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
2.4.1.1. ACP et AFC.....	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
2.4.1.2. Méthodes de classification.....	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
2.4.2. Couplage de deux tableaux.....	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
2.4.2.1. Analyse de co-inertie	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
2.4.2.2. Analyses sur variables instrumentales	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
2.4.3. Logiciels utilisés	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
3. RESULTATS	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
3.1. REALISATION D'UNE BASE DE DONNEES	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
3.1.1. Le Système de Gestion de Base de Données Relationnel.....	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
3.1.2. La base de données ACCESS.....	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
3.1.3. Nomenclature	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
3.1.4. Relations.....	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
3.1.5. Extraction des données.....	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
3.1.6. Exemple : Recherche des stations communes aux deux années.....	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
3.2. ANALYSE DIACHRONIQUE DE LA VEGETATION PRAIRIALE	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
3.2.1. Détermination des structures à comparer	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
3.2.2. Recherche des stations à conserver.....	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
3.2.3. Détermination des espèces à conserver.....	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
3.2.4. Variation des relevés entre les années 1994 et 1996.....	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
3.2.5. Evolution de la flore globale	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
3.2.5.1. Etude de l'état de la flore lors des deux campagnes floristiques (1994-96 ou 2001) ...	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
3.2.5.2. Evolution de la flore entre les deux périodes	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
3.2.5.3. Conclusion	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
3.2.6. Etude de la flore prairiale de la plaine des Cafres.....	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
3.2.6.1. Etat de la flore en 1994-96.....	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
3.2.6.2. Etat de la flore en 2001	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
3.2.6.3. Evolution de la flore entre les deux périodes	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>

3.2.6.4.	Conclusion	Erreur ! Signet non défini.
3.3.	EVOLUTION DES FACTEURS DE MILIEU.....	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
3.3.1.	<i>Les données disponibles</i>	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
3.3.2.	<i>Etude des modifications de la température</i>	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
3.3.3.	<i>Analyse des données de pluviométries.....</i>	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
3.3.4.	<i>Conclusion.....</i>	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
3.4.	EVOLUTION DES PRATIQUES D'ELEVAGE ET RELATIONS AVEC LA FLORE PRAIRIALE SUR LA ZONE DE LA PLAINE DES CAFRES.....	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
3.4.1.1.	Les indicateurs de la nutrition du pâturage	Erreur ! Signet non défini.
3.4.1.2.	Les indicateurs de gestion du pâturage tournant	Erreur ! Signet non défini.
3.4.2.	<i>Typologie de l'évolution des pratiques des éleveurs de la Plaine des Cafres</i>	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
3.4.3.	<i>Mise en relation des pratiques et de l'évolution de la flore prairiale</i>	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
3.4.4.	<i>Conclusion.....</i>	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
4.	DISCUSSION.....	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
5.	CONCLUSION	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
	BIBLIOGRAPHIE.....	Erreur ! Signet non défini.
	LISTE DES FIGURES.....	Erreur ! Signet non défini.
	LISTE DES TABLEAUX	Erreur ! Signet non défini.
	SOMMAIRE DES ANNEXES	Erreur ! Signet non défini.

Liste des Abréviations

ACC : Analyse Canonique des Correspondances
ACP : Analyse en Composante Principale
ACPV_i : Analyse en Composante Principale sur Variable instrumentale
AFC : Analyse Factorielle des Correspondances
AFCM : Analyse Factorielle des Correspondances Multiples
AFCV_i : Analyse Factorielle des Correspondances sur Variables instrumentales
AREB : Association réunionnaise des éleveurs bovins
BB : Echelle de Braun-Blanquet
BI : Biberon (Sous-Zone de la Plaine des Cafres)
CIRAD : Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement
DOM : Département d'Outre-Mer
E : Hauts de l'est
F : Flouve odorante (*Anthoxanthum odoratum*)
H : Houlque laineuse (*Holcus lanatus*)
HT : Hauts du Tampon (Sous-Zone de la Plaine des Cafres)
IK : Indice de nutrition en potassium
IN : Indice de nutrition azoté
IP : Indice de nutrition en phosphore
J : Hauts de Saint-Joseph
K : Kikuyu (*Pennisetum clandestinum*)
NB : Nez de Bœuf (Sous-Zone de la Plaine des Cafres)
PAH : Plan à l'Aménagement des Hauts
PC : Plaine des Cafres
SAU : Surface Agricole Utile
SP : Saison des Pluies
SS : Saison Sèche
STH : Surface Tout en Herbe
T : Graminées tempérées (généralement *Dactylis glomerata* et *Lolium perenne*)
UAFP : Union des Associations Foncières Pastorales
UGB : Unité Gros Bétail
W : Hauts de l'ouest

Introduction

L'aménagement pastoral des Hauts de la Réunion entre dans le cadre général du Plan à l'Aménagement des Hauts (PAH). Il est géré par l'Union des Associations Foncières Pastorales (UAFP) à la demande du conseil régional. Jusqu'en 1995, les activités de l'UAFP étaient concentrées sur des conseils en matière d'installation et de récolte des surfaces fourragères (gestion de matériel, de subventions, ...). La mise en place cette même année d'un service d'appui aux éleveurs avec le concours scientifique et technique du CIRAD-Elevage/Réunion sur le thème de la « Gestion Raisonnée des Prairies » a permis de diversifier ses activités. Ce service, créé en collaboration avec le CIRAD-Elevage vise à mettre en œuvre des outils de diagnostics prairiaux, des conseils techniques en fertilisation, en exploitation des surfaces fourragères et en pérennité des prairies (Annexe 1).

Les outils mis en place permettent, à l'heure actuelle, une gestion raisonnée de l'apport d'engrais ainsi qu'une diminution des variations saisonnières de la production d'herbe au cours de l'année en matière de qualité de la plante et de quantité de fourragère produit.

Ce stage a été financé par le CAH (Commissariat à l'Aménagement des Hauts). Il s'est déroulé dans un premier temps au programme Production Animale du CIRAD-EMVT Montpellier puis au sein de l'équipe Elevage du Cirad Réunion (Saint-Pierre, île de la Réunion) et a été organisé sous forme d'un co-encadrement¹. Il vise à poursuivre les questions concernant la thématique « floristique » en particulier à déterminer les pratiques de gestion des prairies responsables de leur pérennité ou de leur dégradation. L'analyse des interrelations pratiques/végétation basée sur l'étude de la composition floristique des prairies a montré l'influence dominante et structurante des facteurs anthropiques de mise en valeur pastorale sur l'état et le maintien de la flore des prairies (Blanfort, 1998).

Sept années après les premiers relevés, il s'agit de conforter ces résultats sur l'ensemble des zones pastorales en analysant l'influence des conseils en gestion des prairies sur les dynamiques floristiques. Outre l'intérêt scientifique de cette approche diachronique, il s'agit de poser les bases d'un outil floristique simplifié en complément des autres indicateurs (diagnostic de fertilité, gestion du biovolume d'herbe) actuellement utilisés au sein du "conseil en gestion des prairies" de l'UAFP.

Le travail entrepris dans ce programme repose sur deux constatations :

1. La production d'herbe est irrégulière au cours de l'année du fait des cycles saisonniers très contrastés : forte production souvent mal maîtrisée en saison des pluies et diminution, ralentissement voire arrêt de la production fourragère pouvant entraîner des déficits en hivers
2. On observe une dégradation des prairies semées et une fragilité des pâturages dans le temps dans les milieux à forte contrainte topologique entraînant une baisse de la qualité des fourrages et des pertes économiques par la nécessité de renouveler les prairies.

La première étape a consisté à réunir les informations disponibles suites aux études menées par le CIRAD et aux relevés effectués par l'UAFP au sein d'une base de données ACCESS.

Par la suite nous nous intéresserons à l'évolution de la flore prairiale aux moyens de relevés floristiques effectués à 5 et 7 ans d'intervalle. Pour finir nous essaierons, dans la mesure du possible, de mettre en relation ces changements en tenant compte d'une évolution éventuelle des facteurs du milieu (température, pluviométrie) et des pratiques de gestion des prairies des éleveurs dans ce même laps de temps.

¹ Vincent BLANFORT Agro-pastoraliste Cirad Emvt, Samir Messad bio-statisticien Cirad Emvt, Patrick Thomas responsable Suivi des Prairies UAFP.

1. Contexte

1.1. Les actions de Recherche et de Développement sur les pâturages à l'île de la Réunion

Cette thématique de recherche a été abordée en 1992 par le Cirad Elevage avec la collaboration de l'INRA-Sad Toulouse, l'UAFP et la Région Réunion (Blanfort, 1998, Thomas, 1994). Cette étude s'est basée sur une approche s'appuyant sur le concept de l'écologie systémique. Elle offre une vision dynamique des systèmes herbagés en mettant en relation les caractéristiques de la végétation et les pratiques d'élevage auxquelles celle-ci est soumise. Le travail répondait à des préoccupations de développement et concernait deux problèmes majeurs auxquels étaient confrontés les éleveurs : l'irrégularité de la production de l'herbe et la non-durabilité des prairies. L'objectif était d'améliorer l'alimentation des animaux, en assurant la pérennité des ressources fourragères, tout en contribuant à la protection des espaces pastoraux (Blanfort, 1998).

En 1996, trois types d'indicateurs mis au point au cours de cette phase de recherche ont été proposés au développement sous le contrôle de l'UAFP avec l'appui du CIRAD sous la forme du « Conseil en Gestion des Prairies » (Blanfort et al, 2000) :

1. Hauteurs et biovolumes d'herbe¹
2. Indices de nutrition azotés, phosphorés et potassiques des plantes²
3. Composition botanique des prairies³

Leur signification leur utilisation sera expliquée ultérieurement (§ 2.3.2.2).

Actuellement près d'une centaine d'éleveurs de bovins, de caprins, d'ovins et de cerfs, adhèrent à ce suivi à différents niveaux et gèrent leurs prairies en se référant aux propositions techniques issues de ces résultats. Les outils « indices de nutrition » et « hauteurs d'herbe » sont maintenant fonctionnels et utilisés quotidiennement par l'UAFP dans le cadre du conseil en gestion des prairies.

En 2001 afin d'apprécier l'effet du conseil en gestion des prairies sur le développement des pâturages, une campagne de relevés floristiques est réalisée (Maillot, 2001). Le but est d'observer les changements de la flore depuis les premiers relevés de 1994 et 1996 par le CIRAD et l'UAFP (Blanfort, 1998). L'objectif de ce travail est de mettre en relation l'évolution de la flore prairiale avec l'évolution des pratiques suite aux conseils de l'UAFP en utilisant les relevés initiaux effectués en 1994 et 1996 et les relevés de 2001.

L'axe structurant de ce stage consiste donc à analyser l'influence des pratiques d'élevage sous l'influence du "conseil en gestion des prairies" de l'UAFP sur les dynamiques floristiques dans la continuité des travaux précédents et en s'appuyant notamment sur les données floristiques déjà recueillies. L'objectif principal de ce travail se décline en trois sous parties :

¹ Les hauteurs d'herbes et le biovolume caractérise l'exploitation du pâturage et la quantité d'herbe disponible sur l'exploitation

² Les indices de nutrition reflètent la couverture du besoin de la plante en trois éléments fondamentaux (azote, phosphore, potassium)

³ La composition botanique des prairies correspond aux espèces identifiées et à leur abondance

1.2. Environnement biophysique

1.2.1. L'île de la réunion

L'île de la Réunion est issue de l'émersion de deux volcans boucliers de l'Océan Indien, le Piton des Neiges et le Piton de la Fournaise. Elle se situe à 800 km à l'est de Madagascar par 21°05 sud et 55°30 est. Avec l'île Maurice et Rodrigues, elle forme l'archipel des Mascareignes. Le Piton des Neiges, massif ancien et inactif culmine au centre de l'île à 3069 m. Le Piton de la Fournaise, 2631 m, est, lui, toujours en activité.

Suite à l'effondrement sur lui-même du Piton des Neiges, et à l'érosion, 3 excavations nommées « Cirques » se sont creusées. Ils portent les noms de Mafate (au nord ouest), Cilaos (au sud) et Salazie (au nord est) et composent le centre de l'île.

Les « Hauts de l'ouest », importante zone d'élevage se situent sur les flancs des cirques de Cilaos et Mafate, sur des zones fortement pentues (10 à 30%) (Figure 1).

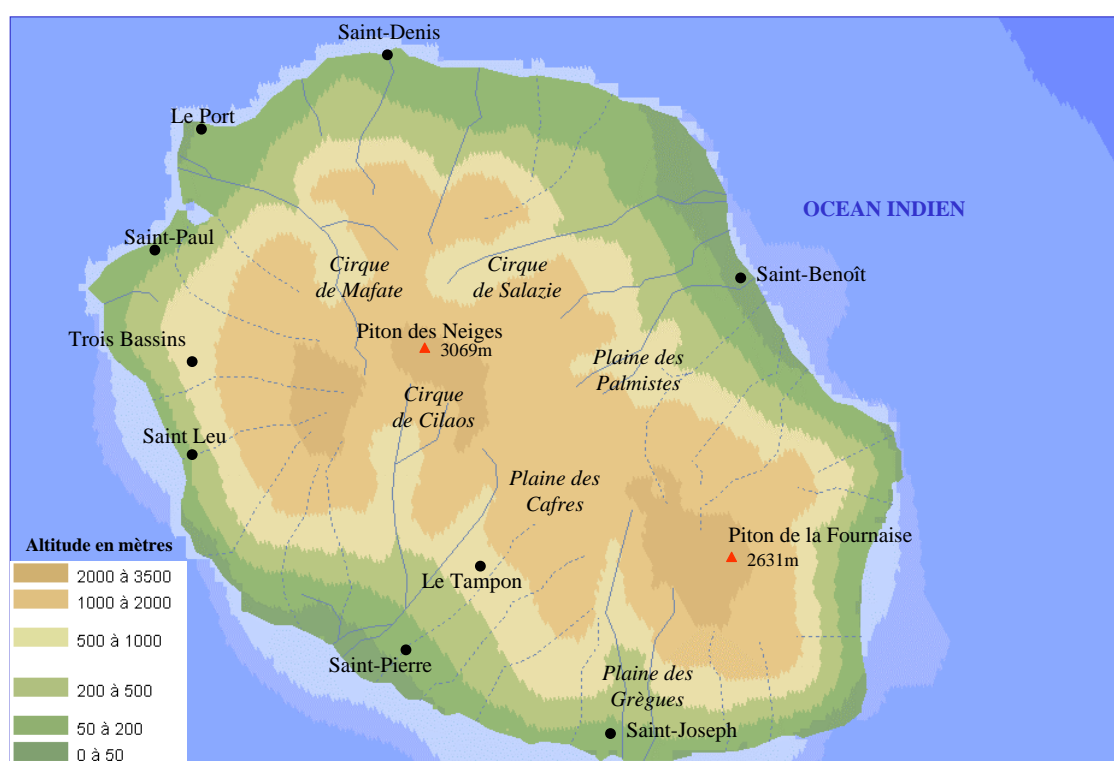


Figure 1 : Carte géographique de l'île de la Réunion

Plus au sud, les coulées des deux pitons (Piton des Neiges et le la Fournaise) ont donné naissance à des plaines d'altitude, la Plaine des Cafres au sud et la Plaine des Palmistes à l'est (principales zones de production). D'autres zones d'élevage se situent sur les Hauts de Saint-Joseph (Plaine des Grègues), les Hauts de Saint-Pierre, de Saint Benoît, ... (Figure 1).

1.1.1. Conditions climatiques

La Réunion doit son climat tropical contrasté à sa latitude australe élevée, aux influences océaniques et à ces différences d'altitude importantes (0 à 3069 m). Deux saisons se démarquent, l'hiver austral ou saison fraîche et sèche et l'été austral ou saison des pluies. L'hiver austral, de mai à octobre, est sous la dominance de l'anticyclone de l'Océan Indien qui engendre un régime d'alizés frais avec des vents d'est dominants. L'été austral, de décembre à avril, est caractérisé par un rapprochement des basses pressions équatoriales vers la Réunion et perturbent le flux d'alizés entraînant de fortes précipitations (jusqu'à 10.000 mm sur les reliefs de l'est) et des vents violents. Ces perturbations peuvent évoluer en cyclone.

La côte est ou côte au vent, est très exposée aux alizés et très humide tout au long de l'année.

La côte ouest ou côte sous le vent, protégée par les reliefs élevés du centre de l'île subit une saison sèche plus marquée.

Toutefois, ces tendances sont modifiées par les variations d'altitude (Figure 2 b).

Ainsi la zone littorale subit un climat tropical avec des températures moyennes annuelles élevées de 23 à 26°C. Puis, entre 1000 et 2000 m une zone de plus en plus tempérée prend le relais avec des températures voisines de 12-17°C (moyenne annuelle) (Figure 2 a). C'est dans cette zone qu'est centralisée la majorité de l'élevage.

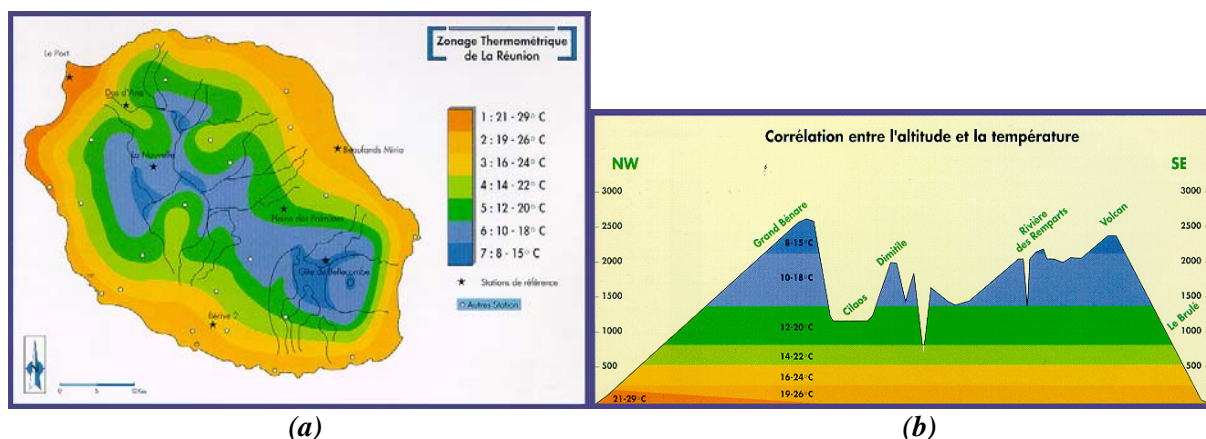


Figure 1 : Carte de la répartition des températures sur l'île de la Réunion (site internet 1)

L'est est très arrosé par des pluies abondantes toute l'année, surtout la Plaine des palmistes qui figure parmi nos zones d'étude (4000 à 6000 mm/an). La Plaine de Cafres, plus au sud, a des saisons plus marquées avec une pluviométrie en saison sèche plus irrégulière en altitude (jamais inférieure à 200 mm/mois) et une saison sèche moins pluvieuse (pluviométrie jamais inférieure à 50 mm/mois) (Figure 3).

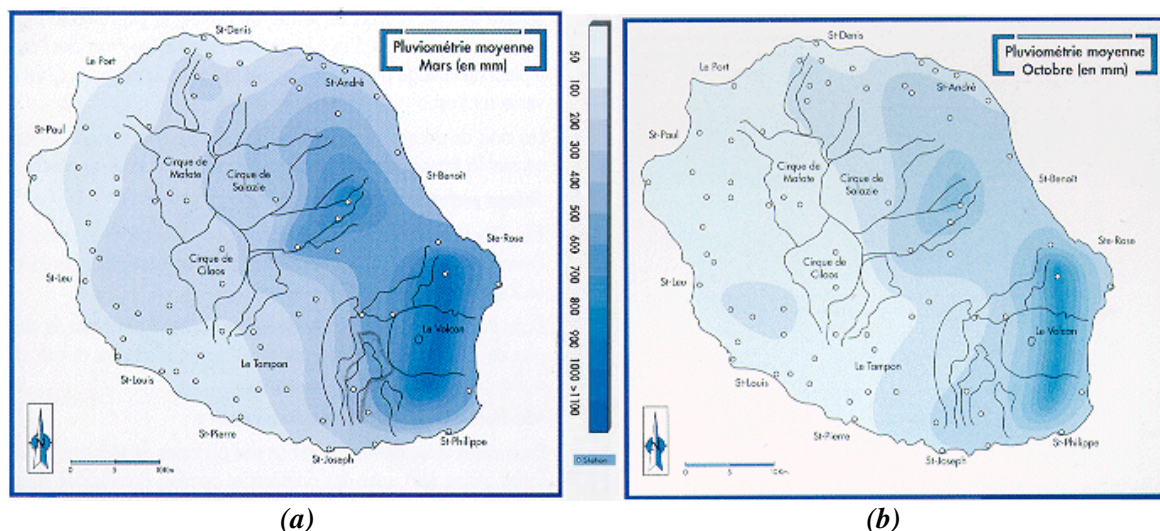


Figure 2 : Carte de la pluviométrie sur l'île de la Réunion en saison des pluies (a) et en saison sèche(b) (site internet 1)

1.1.2. Caractéristiques pédologiques

Du fait de sa nature volcanique, la pédologie de la Réunion est très contraignante pour l'exploitation agricole des terres.

Les **andosols** et les **sols à caractère andique** couvrent 50% de l'île et se retrouvent dans les régions d'élevage.

Les **andosols** se localisent dans les Hauts qui regroupent les conditions climatiques favorables à leur formation. Ce sont des sols pauvres avec une faible disponibilité en azote et en phosphore assimilable entraînant des carences nutritionnelles pour les espèces fourragères exigeantes.

Les **andosols désaturés perhydratés chromiques** sont majoritairement présents dans les Hauts de l'ouest, dans la Plaine des Cafres et la Plaine des Palmistes à des altitudes supérieures à 1200 m. Ce sont des sols très riches en eau qui deviennent instables et érodibles après labour. Ils sont acides avec une faible disponibilité en azote et phosphore assimilable.

Les **andosols désaturés non perhydratés** sont localisés à des altitudes inférieures à 1200 m, dans les Hauts de l'ouest et la Plaine des Cafres. Ils sont moins problématiques avec une bonne rétention d'eau mais sont acides et peuvent être le lieu de déficience en azote et phosphore assimilable.

Les **sols à Mascareignite** sont reconnaissables par leur couche supérieure claire. Blanc-rosâtres, d'aspect cendreuse, ils sont très friables à l'état humide et pulvérulent à l'état sec. Ces sols ne sont pas adaptés à une exploitation agricole du fait de leurs propriétés physiques, chimiques et biologiques. Seuls les végétaux à fort enracinement peuvent s'y développer correctement. On les retrouve dans les Hauts de l'ouest et seules les prairies peu exigeantes à kikuyu ou à houlque laineuse peuvent s'y adapter quelque peu.

1.1.3. Particularité de la végétation réunionnaise

Les îles de l'archipel des Mascareignes étant exclusivement d'origine océanique, elles n'ont jamais été reliées à des aires continentales. Leur végétation est donc entièrement exogène, apportée par les courants marins, les cyclones, les vents, les oiseaux, ... La majeure partie des espèces proviennent de Madagascar et du continent africain. Une fois implantées certaines espèces ont évolué et se sont différenciées pour donner des espèces endémiques. D'autres, au contraire, sont restées inchangées (espèces indigènes).

Sur l'île de la Réunion, le taux d'endémisme est important et notamment caractérisé par des forêts primaires originales telles que la forêt de bois de couleur, les forêts hygrophiles à palmistes et fougères arborescentes et les tamarineraies des hauts.

L'activité humaine s'accroît et entraîne des perturbations et des modifications des écosystèmes avec notamment l'introduction d'espèces exogènes potentiellement envahissantes et le développement de l'agriculture qui entraîne le recul de la forêt d'origine.

A l'heure actuelle, l'introduction d'espèces, notamment fourragères, se poursuit mais elle est contrôlée.

L'île de la Réunion étant soumise à des climats très variés du fait de sa position géographique et de sa morpho-pédologie, sa végétation se répartie par zone altitudinale (Figure 4).

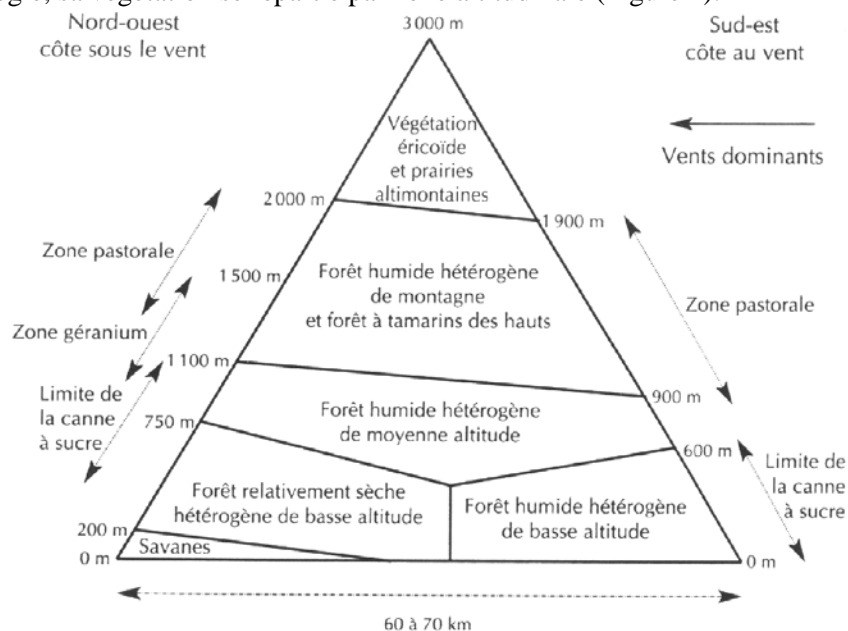


Figure 3 : Zonation altitudinale de la végétation de la Réunion (Rivals, 1952, Cadet, 1980, Thomas, 1994)

La végétation se différencie selon son altitude, mais également en fonction de son orientation (côte sous le vent ou au vent) pour les zones de basse altitude.

A l'ouest (côte sous le vent) on retrouve une zone de savane due à la faible pluviométrie et aux températures élevées. Puis, des étagements successifs de forêt sèche à humide se succèdent en fonction de l'altitude. Au-dessus de 1900 à 2000 m d'altitude, la végétation se fait plus rare et se compose majoritairement de bruyère de type *Philippia montana* (branle vert) endémiques de l'île.

Les zones agricoles ont peu à peu pris le pas sur ces forêts.

A l'exception des zones à forte contrainte, la bande 0-500 m pour le nord, l'est et le sud et la bande 300-1000 m à l'ouest est plus particulièrement réservée à la culture de la canne à sucre. A l'ouest, entre 800 et 1500 m, on retrouve la zone de culture du géranium (*Geranium rosat*), plante à parfum en déclin, ainsi que des cultures maraîchères.

Les zones pastorales, quant à elles se retrouvent à partir de 1000 à 1200 m d'altitude. Au-dessous de 1200 m, c'est le kikuyu (*Pennisetum clandestinum*) qui est retrouvé majoritairement. Originaire des hauts plateaux du Kenya, cette graminée est surtout présente dans les Hauts de l'ouest. Pour des altitudes supérieures, il peut être combiné à des graminées tempérées telles que le ray gras (*Lolium perenne*), le dactyle (*Dactylis glomerata*), la flouve (*Anthoxanthum odoratum*), ...

En dessous de 1300 m d'altitude, des espèces tropicales « des bas » telles que le chloris (*Chloris gayana*) (originaire d'Afrique du sud, exclusivement utilisée pour la fauche, l'affouragement en vert ou en ensilage), le setaria (*Setaria sp.*) ou la canne fourragère (*Pennisetum purpureum*) sont cultivées. Les légumineuses, quant à elles, bien qu'introduites par le CIRAD, sont peu utilisées.

1.2. Contexte socio-économique

La population de la Réunion (710.000 habitants), principalement concentrée sur les zones côtières urbaines a fortement augmenté ces dernières années. Le pourcentage de surfaces bâties n'est que de 2,4% alors que la surface agricole totale (SAU) représente 17,1% du territoire (145 ha). La SAU est principalement occupée par la canne à sucre, des prairies, des cultures légumières, fruitières et vivrières (Maillot, 2001). L'urbanisation se poursuit, empiétant sur les terres agricoles et les milieux naturels.

La zone des « Hauts » de l'île, définie par le décret n°78-690 du 23 juin 1978, est définie comme une zone spéciale d'action rurale. Le Plan d'Aménagement des Hauts (PAH) mis en place par l'état et le Commissariat à l'Aménagement des Hauts (CAH), a pour but de mettre en valeur l'espace et de développer économiquement cette région afin de rééquilibrer la différence qui existe en terme d'infrastructure et de condition de vie avec la région littorale.

Le but principal du PAH est de stabiliser la population des terres d'altitude autour d'une activité agricole viable dans un milieu montagnard au contexte social et économique difficile (Blanfort et al., 2000).

Le développement de l'élevage bovin des hauts participe largement à l'évolution socio-économique de cette région et joue un rôle important dans l'aménagement du territoire.

12% des exploitants de la Réunion élèvent des bovins, soit un total de 27000 têtes et une forte augmentation : +46% depuis 1989. Trois filières sont liées à l'activité bovine, la filière « lait », la plus dynamique et la plus intensive, la filière « viande », la plus répandue et la filière « fourrage » (Economie de la Réunion, 2002).

1.2.1. La filière lait

La filière laitière de l'île de la Réunion a été initiée suite à la création de la SICA lait en 1962. Constituée à l'origine par 8 éleveurs de la Plaine des Cafres, elle collecte, aujourd'hui, l'essentiel de la production de lait de l'île (155 adhérents en 2002).

En 2000, 4394 vaches laitières étaient présentes sur le territoire réunionnais. Bien que cela corresponde à une faible augmentation depuis 1989 (4362 vaches laitières en 1989), la production de lait a dans le même temps plus que triplé par l'amélioration des techniques et la sélection du cheptel.

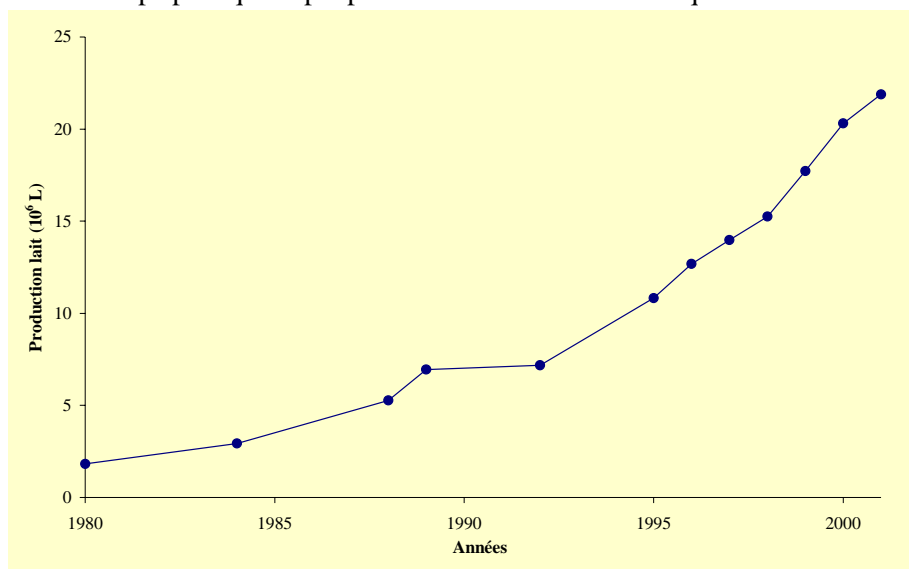


Figure 4 : Evolution de la production laitière entre 1980 et 2001

Les producteurs de lait sont surtout situés dans les Hauts du sud. La production est très intensive et souvent conduite en zéro-pâturage avec un chargement élevé en général supérieur à 2-3 vaches par hectare de STH (surface tout en herbe).

La filière laitière est très structurée. L'élevage laitier bénéficie en outre d'une augmentation du marché et de la possibilité de valoriser les sous-produits de la canne. De fortes contraintes sont également un frein à son développement, notamment la faible disponibilité fourragère qui limite les possibilités de transformation ainsi que l'élevage des génisses et la délocalisation des terres de production fourragère hors des zones d'élevage qui entraîne des surcoûts pour les aliments grossiers (Petit J.M., 2002).

La production de lait à la Réunion est supérieure aux autres DOM, mais la part de marché du lait produit sur l'île n'était que de 20% en 2000 (Figure 5).

La totalité de la production est transformée majoritairement en fromages et yaourts et crèmes glacées par deux transformateurs locaux.

1.2.2. La filière allaitante

L'organisation de la filière bovin viande réunionnaise est beaucoup plus récente que celle de la filière lait. Le marché du bœuf s'est principalement structuré avec le développement de la grande distribution. La production s'appuie aujourd'hui sur deux structures. La SICA REVIA (SICA REunion VIAnde) date de 1979 et regroupe 246 adhérents. En 2000 elle assurait la majorité de la production locale (70% des abattages contrôlés). L'AREB (Association réunionnaise des éleveurs bovins) est beaucoup plus récente puisque sa création date de 1998.

Au dernier recensement (2000), le cheptel viande était composé de 7156 vaches nourrices, ce qui correspond à une augmentation de plus de 40% depuis 1989. Dans le même temps le nombre d'exploitations a diminué d'un tiers. Malgré son développement ce type d'élevage reste plus extensif que l'élevage laitier, avec des résultats économiques moindres.

Un abattoir, d'une capacité de 600 tec, permet de valoriser au mieux la production locale.

Les élevages allaitants sont plus localisés dans la zone de la Plaine des Cafres ainsi que dans les Hauts de l'ouest (Hauts de Saint-Leu, ...). Outre son but de production, la filière allaitante a également un rôle important dans l'aménagement du territoire et l'occupation de l'espace notamment par le défrichement, l'implantation des prairies et leur entretien.

D'un point de vue génétique, les anciennes populations métissées sont en recul et le croisement d'absorption avec la race limousine.

1.2.3. Les ressources fourragères

Les surfaces fourragères regroupent les surfaces toujours en herbe (concentrées sur les zones de l'élevage bovin) et les cultures fourragères (plus dispersées). Les cultures fourragères correspondent à des prairies temporaires et d'autres plantes cultivées (maïs, canne fourragère) et font partie des terres arables. Les AFP (Associations Foncières Pastorales) interviennent dans cette filière en fournissant des aides pour les travaux et des conseils.

Les surfaces fourragères représentent 11000 hectares, soit une augmentation de 10% depuis 1989. L'augmentation de surface s'est accompagnée d'une augmentation de la qualité des prairies, avec notamment un accroissement des prairies artificielles au dépend des parcours et des prairies spontanées et un fort agrandissement des surfaces en cultures fourragères. De plus certaines exploitations se sont spécialisées dans la vente de fourrage et la production de foin est en pleine extension dans les bas avec de forts rendements (5 à 6 coupes par an).

1.2.4. Nouvelles contraintes pesant sur l'élevage bovin

Malgré un fort développement ces dernières années, les filières bovines réunionnaise vont devoir s'adapter à de nouvelles contraintes, notamment celles liées aux normes européennes en matière d'environnement et à la création d'un parc naturel dans les Hauts.

Ce projet s'inscrit dans la politique de développement durable souscrite par la France aux sommets de Rio (1992) et de la Terre à Johannesburg (2002). A l'origine, 6 projets dont celui d'un parc régional étaient à l'étude. Les instances politiques ont délibéré en 2000 en faveur du « Parc National » avec pour but de répondre aux 3 enjeux de :

- Conservation du patrimoine
- Développement durable intégrant les dimensions socioculturelles et économiques
- Meilleure concertation pour une gestion cohérente des espaces.

Un protocole a été signé entre l'Etat, la Région et le Département pour la conduite de ce projet.

Les parcs nationaux comprennent deux zones :

- Une « Zone centrale » axée sur la protection, la gestion et la mise en valeur du patrimoine
- Une « Zone périphérique » plus orientée vers l'aménagement et le développement

Au sein du parc, les activités agricoles ne sont pas interdites mais réglementées en fonction des spécificités locales. Dans la zone périphérique, indépendante de la réglementation particulière du parc, les établissements gestionnaires des parcs se doivent de participer à la mise en valeur et de coopérer avec les régions et les collectivités territoriales pour le bon déroulement de leur mission de protection des espaces naturels sensibles mais aussi pour le développement économique, social et culturel de la zone.

1.2.5. Contrôle de la dynamique floristique

L'élevage à la Réunion a deux enjeux, un rôle économique et social, et un rôle dans l'aménagement, la protection et la gestion des espaces en tant que premier utilisateur des « Hauts » (Blanfort, 1996). Il participe au développement économique notamment avec le maintien de la diversité des paysages nécessaire à l'activité touristique, mais il contribue également à la lutte contre l'érosion très importante sur l'île (20 à 200 t de terre par an et par hectare) (Blanfort, 1998).

Un contrôle de la dynamique floristique combinant productivité et préservation est donc nécessaire dans les systèmes herbagers d'altitude afin de maîtriser la gestion des ressources fourragères en contribuant à la gestion des espaces pastoraux de la zone des Hauts. Il faut à la fois préserver la diversité biologique présente dans la végétation environnante, mais à l'inverse certaines plantes présentes dans cette végétation peuvent devenir envahissantes et dégrader les prairies (Maillot, 2001).

1. Matériel et méthode

1.1. Principes théoriques : l'écologie systémique

Notre étude vise à mettre en évidence l'évolution dans le temps de la composition floristique de pâturages et l'influence de changements de pratiques préconisés dans le cadre d'un appui technique.

Nous nous référons logiquement au cadre méthodologique des travaux précédents qui relèvent d'une approche systémique du fonctionnement des prairies dont nous rappelons brièvement quelques principes de bases.

- L'analyse des relations végétation-pratiques-milieu s'appuie sur le cadre théorique des concepts de l'Écologie systémique. La végétation prairiale, au centre de ces préoccupations, est considérée comme un intégrateur privilégié. Les couverts prairiaux ne sont pas seulement vus comme des groupements végétaux nomenclaturaux mais comme des systèmes écologiques gérés par l'homme à différents niveaux de gestion (Blanfort, 1998).

- Les systèmes écologiques sont donc des structures organisées qui évoluent en interaction avec leur environnement et dont l'histoire elle-même est à l'origine de cette organisation. Cette hypothèse de travail proposée par Legay (1986) considère les systèmes au sens du *mouvement*, donc de l'histoire ; les objets sont des *moments* et non pas des états immobiles. La hiérarchie forme la propriété de l'organisation la plus intéressante pour analyser le fonctionnement d'un système considéré alors comme une structure hiérarchisée en plusieurs niveaux d'organisation. Le cadre théorique de la hiérarchie précise qu'à chaque niveau d'organisation correspondent des processus qui se déroulent à des fréquences caractéristiques (low/high level) et des objets délimités spatialement. Les processus étendus à évolution lente relèvent des niveaux hiérarchiques supérieurs qui exercent des contraintes sur les niveaux englobés lieu de processus locaux et rapides (Allen, 1987). La dynamique des systèmes peut alors être vue comme une hiérarchie des processus.

- L'étude de la dynamique d'un système écologique fait aussi référence au concept écologique de "perturbation", défini classiquement comme un changement dans les conditions d'une population ou d'une communauté causé par un agent extérieur, souvent l'homme (Van Andel et Van Den Bergh, 1987). Dans notre démarche, les pratiques sont assimilées à des facteurs de l'environnement qui modifient le fonctionnement des systèmes prairiaux gérés par l'homme (Balent, 1987). Les prairies sont alors considérées comme des systèmes perturbés (plus ou moins selon la situation) par les pratiques des éleveurs (Blandin, 1986). La phase de diagnostic consiste alors à mesurer l'écart entre un état normal (de référence) et un état observé induit par des changements dans l'environnement du système (Figure 6).

- Enfin, nous nous référons également au concept de perturbation défini par MacMahon (1981) comme une succession est un changement dans la physionomie, la composition floristique, ou la proportion relative des espèces sur une portion de territoire, dans un intervalle de temps modéré, à la suite d'une perturbation.

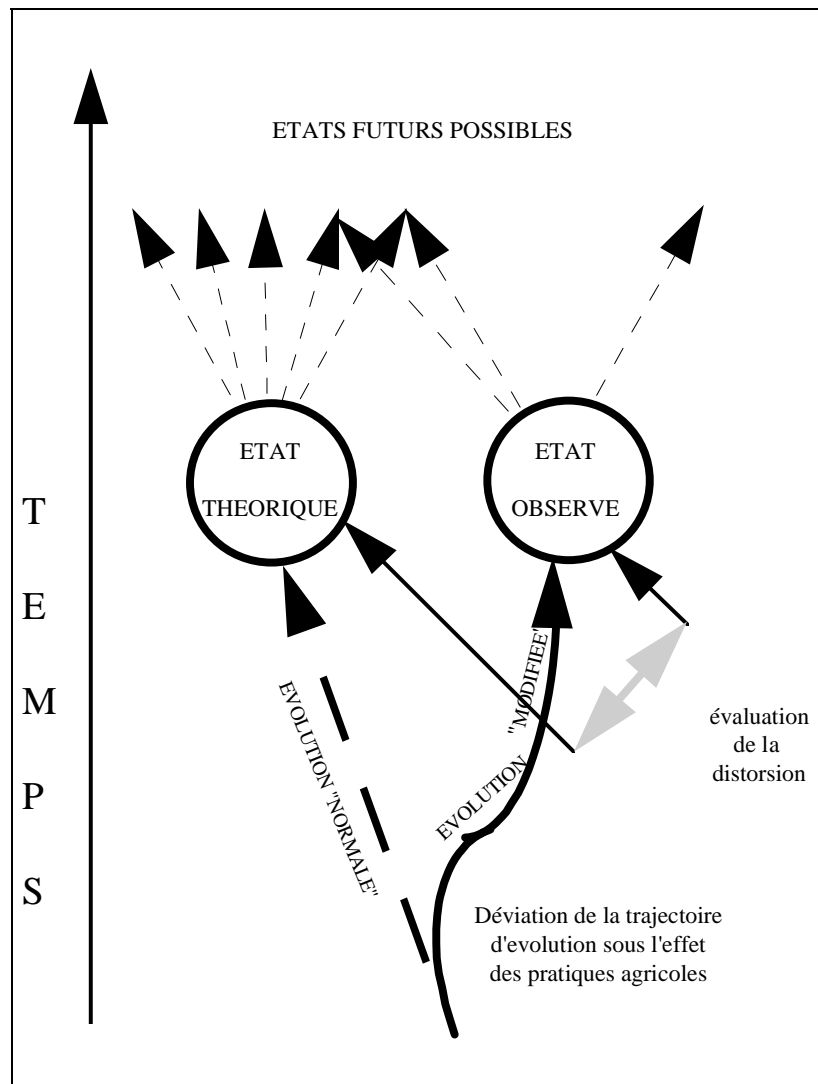


Figure 1 : Utilisation de descripteurs de fonctionnement dans une démarche de diagnostic du fonctionnement des systèmes écologiques (d'après Blandin 1986, modifié par Balent 1992).

Le diagnostic d'un écosystème doit permettre de définir ses potentialités d'évolution. L'écosystème modifié par l'homme n'est pas conçu comme un état transitoire plus ou moins proche d'un état final stable (théorie climacique), mais comme une étape dans le déroulement d'une histoire particulière, au cours de laquelle des structures et des fonctionnements ont été sélectionnés (théories des stratégies adaptatives). Il s'agit d'évaluer la distorsion (de nature anthropique) entre l'état actuel du système et l'état théorique.

1.2. Types d'approche et indicateurs

1.2.1. Echelles d'observations

Dans la logique proposée par le cadre théorique précédemment exposé, nous utiliserons donc plusieurs échelles d'observations correspondant à **trois niveaux d'organisation principaux**.

La parcelle est le niveau clé des processus biologiques, leur confrontation avec les processus de gestion qui caractérise notre étude, nécessite d'intégrer le système fourrager, lui-même placé au sein du *système d'exploitation*.

Le concept de parcelle recouvre deux aspects. C'est d'abord l'unité élémentaire du découpage de l'espace de l'exploitation, support physique et biologique des couverts prairiaux. Cette parcelle, unité spatiale, est utilisée, elle est donc aussi une unité élémentaire de gestion du système fourrager dans le cas des exploitations herbagères de notre étude.

La *station* permet d'intégrer l'hétérogénéité floristique intra-parcelle. Elle constitue une sous-unité spatiale de la parcelle, sur la base de la taille et des diverses discontinuités qui la composent, en particulier au niveau topographique et pédologique. Elle est « la portion de territoire d'étendue quelconque, le plus souvent restreinte, dans laquelle les conditions écologiques sont homogènes ; elle est caractérisée par une végétation uniforme » (Godron et al., 1968 dans Daget et Poissonet, 1971). « L'échelle de la station est indispensable à une vision d'ensemble de la structure et de la dynamique générale de la végétation que ne permet pas l'échelle de la parcelle par nature plus révélatrice des processus agronomiques régissant la flore pastorale. » (Blanfort, 1998).

1.2.2. Les approches de la composition botanique

La composition floristique est un indicateur d'évolution qui intègre les pratiques des éleveurs et les conditions écologiques sur la base de l'hétérogénéité, de l'abondance et de la pérennité des ensembles d'espèces observées. C'est une donnée à la fois qualitative et quantitative qui tient compte de la présence et de l'abondance relative des espèces (Brau-Nogue et al, 1994).

1.2.2.1. Approche phytosociologique de la végétation

L'approche phytosociologique de la végétation fait référence aux concepts de « l'école zurichomontpellieraine » (Tuxen, Braun-Blanquet) où la végétation est définie comme un assemblage d'espèces considérées comme des objets destinés à une classification d'ensembles de végétation homogènes. Les données que nous utilisons, correspondant à cette approche ont donc été collectées au niveau de la station lors de plusieurs campagnes floristiques.

Les approches quantitatives de la végétation, basées sur des dénombrements des différentes espèces, ne relèvent, en général, que 60% du cortège floristique. La méthode choisie ici est qualitative et permet de répertorier de façon exhaustive la flore présente.

Les techniques d'observation (échelle d'abondance de Braun-Blanquet) associées à cette approche permettent un inventaire exhaustif des espèces composant une unité de végétation homogène. (Tableau 1).

Tableau 1 : Echelle d'abondance dominance de Braun- Blanquet (Guinochet, 1973)

Note	Caractéristiques
5	Recouvrement supérieur à 75%, abondance quelconque
4	Recouvrement de 50 à 75%, abondance quelconque
3	Recouvrement de 25 à 50%, abondance quelconque
2	Très abondant et recouvrement supérieur à 5%
1	Abondant et recouvrement faible ou assez peu abondant avec un plus grand recouvrement
+	Simplement présent (recouvrement et abondance très faible)

Le relevé est donc une estimation globale de l'abondance-dominance de toutes les espèces présentes sur une station. La notion d'abondance-dominance (ou abondance occurrence) regroupe les notions de densité (nombre d'individus par unité de surface) et de dimension (surface de projection au sol des individus). De plus, cette technique s'avère peu sensible à l'effet observateur.

Trois campagnes floristiques ont été réalisées, en 1994, 1996 et 2001 sur des périodes allant d'avril à juin afin de bénéficier de conditions optimales de détermination avant l'hiver austral où la majorité des herbacées annuelles ont bouclé leur cycle (Thomas, 1994). Les relevés de 1994 et 1996 sont en fait un état des lieux de la flore existante avant la mise en place par l'Union des AFP d'outils d'aide à la

gestion des prairies. Ces années sont donc regroupées et seront comparées aux relevés de 2001 considérées comme un nouvel état des lieux après 6 années de conseil.

1.2.2.2. Approche agro-écologique au niveau de la parcelle

Cette approche à l'échelle de la parcelle a pour but d'étudier les processus de changements qui affectent la composition floristique en liaison avec la croissance et la nutrition minérale de la végétation sous l'effet des pratiques des éleveurs. La parcelle permet de mettre en relation l'évolution de la flore avec celle des pratiques des éleveurs.

La végétation est évaluée au niveau de la parcelle selon une méthode quantitative, la méthode des points-quadrats définie par Daget et Poissonnet (1969, 1971). Trois niveaux de comptage sont effectués :

- Présence-absence des espèces au point de comptage
- Recouvrement (nombre de fois où l'espèce est observée sur l'ensemble des points)
- Abondance-dominance (ajoute une notion d'abondance au recouvrement).

1.3. Recueil des données

Notre étude repose sur l'exploitation de bases de données existantes construites entre 1994 et 2001 par le CIRAD-élevage et l'UAF¹.

L'objet de la première partie du stage a été de construire une base de donnée gérée par le logiciel ACCESS avec les données disponibles afin pouvoir mettre en relation les différentes tables de données disponibles.

Les données existantes ont été complétées par la réalisation d'un questionnaire visant à identifier l'évolution des pratiques des éleveurs au niveau de la parcelle entre les deux périodes d'enquête floristique.

1.3.1. Échantillonnage

Les zones étudiées sont les principales régions d'élevage bovin allaitant et laitier de l'île (Figure 7).

Il s'agit :

- Des **Hauts de l'ouest** (principalement Chaloupe Saint-Leu et Trois Bassin)
- De la **Plaine des Cafres** (Hauts du Tampon, Notre Dame de la Paix, Nez de Bœuf et Biberon)
- Des **Hauts de Saint-Joseph** (Plaine des Grègues et Jean Petit)
- Des **Hauts de l'est** (Plaine des Palmistes et Hauts de Saint-Benoît)

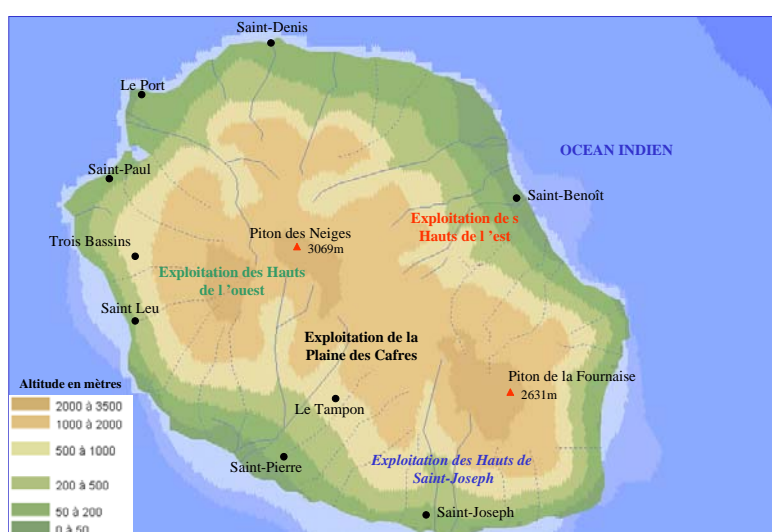


Figure 2 : Répartition des différentes exploitations étudiées (Maillot, 2001)

¹ Relevés floristiques, relevés de milieu et suivi de pratiques des éleveurs

28 élevages au total ont fait l'objet de relevés, dont 17 aux différentes périodes. Notre approche diachronique de la végétation qui consiste à observer dans le temps les modifications de la végétation sur le même espace, a porté sur ces 17 élevages (Tableau 2).

Tableau 2 : Exploitations considérées au cours de l'étude

Exploitations	Zone ¹	Années de relevé	Années de relevé final	Type d'élevage	Nombre de parcelles	Nombre de stations communes ³
S0	W	1994	2001	Laitier	7	14
BE	W	1996	2001	Allaitant	5	2
MM	W	1996	2001	Laitier	5	7
H0	W	1994	2001	Allaitant	11	14
M0	PC	1994	2001	Laitier	7	12
B0	PC	1994	2001	Allaitant	6	9
BA	PC	1996	2001	Allaitant	9	11
C0	PC	1996	2001	Allaitant	6	6
L0	PC	1996	2001	Laitier	1	2
P0	PC	1994	2001	Allaitant	7	14
PT	PC	1996	2001	Allaitant	8	11
SA	PC	1996	2001	Laitier	3	2
V0	J	1996	2001	Laitier	2	2
G0	J	1996	2001	Laitier	5	7
HB	J	1996	2001	Laitier	2	2
AR	E	1996	2001	Allaitant	2	2
SR	E	1996	2001	Laitier	1	1
TOTAL					87	118

1.3.2. Les variables étudiées

1.3.2.1. Données floristiques

Deux types de données floristiques sont disponibles :

- Les **relevées phytosociologiques** définis au niveau de la station
- Les **relevées linéaires** réalisés au niveau de la parcelle

Le premier niveau d'étude est plus approprié à l'étude des trajectoires d'évolution de la flore, alors que le deuxième permettra de faire le lien avec l'évolution des pratiques des éleveurs.

1.3.2.2. Indicateurs du fonctionnement des pâturages

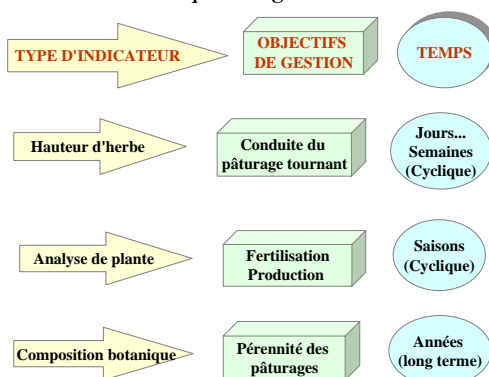


Figure 3: Indicateurs mobilisés pour le diagnostic des systèmes écologiques prairiaux d'altitude à la Réunion (Blanfort, 1998)

¹ W = Hauts de l'ouest, PC = Plaine des Cafres, E = Hauts de l'est, J = Hauts de Saint-Joseph

² Parcelles communes aux deux années de relevés

³ Stations communes aux deux années de relevés

Les indicateurs de production d'herbe et de son exploitation

Ces indicateurs peuvent être utilisés au niveau de la parcelle, mais également au niveau de l'exploitation. Ils rendent compte de la quantité d'herbe disponible sur l'exploitation ainsi que des caractéristiques d'exploitation des pâturages à un temps défini (Figure 8).

La **hauteur d'herbe** est mesurée au niveau de la parcelle. Elle est liée à l'exploitation des pâturages, une hauteur d'herbe trop courte caractérisant une surexploitation, et une hauteur d'herbe trop importante une sous-exploitation. Dans le cas d'une trop faible hauteur d'herbe, la repousse sera plus difficile. En cas de sous exploitation, le pâturage perdra en appétence et en valeur alimentaire.

Le **volume d'herbe disponible** ou **biovolume** est évalué au niveau de l'exploitation. Il est évalué à partir de la hauteur d'herbe multipliée par les surfaces exploitées rapportées au nombre d'UGB¹ (Unité Gros Bétail), il permet d'évaluer la quantité d'herbe disponible par animal à un temps donné sur l'exploitation.

Les Indices de nutrition

Ces indices permettent d'estimer la nutrition minérale des prairies. Ils concernent les trois éléments principaux de la nutrition minérale des végétaux, l'**azote (IN)**, le **phosphore (IP)** et le **potassium (IK)**. Ils diffèrent selon la nature de la plante considérée (tropicale ou tempérée) et sont calculés après dosage des éléments sur des échantillons de plantes prélevés dans les pâturages selon des équations définies par Duru, 1992 et confirmées par Blanfort, 1998.

Ces indices exprimés en pourcentage d'un besoin théorique permettent d'apprécier de l'écart entre le niveau de concentration observé et le niveau potentiel théorique atteint en condition de nutrition non limitante (Blanfort, 1998).

1.3.2.3. Evolution des pratiques des éleveurs

Afin de mettre en évidence l'évolution des pratiques des éleveurs, un questionnaire a été mis au point afin de compléter les données déjà existantes dans différents suivis menés par le CIRAD-EMVT sur les filières allaitantes et laitières (Annexe 2). Cette enquête transversale a été réalisée sur 17 exploitations ayant participé au suivi, sur les 4 zones préalablement citées (Hauts de l'ouest, Plaine des Cafres, Hauts de l'est et Hauts de Saint-Joseph).

1.4. Méthodes d'analyse des données

Afin d'étudier la dynamique spatio-temporelle de la végétation, différentes méthodes peuvent être employées :

- Des représentations graphiques des données passant par le calcul préalable d'indices synthétiques
- Des tests statistiques paramétriques ou non paramétriques
- Des méthodes d'ordination ou de classification

En référence à l'approche systémique retenue pour l'étude des systèmes écologiques prairiaux, nous avons recours à des méthodes statistiques multidimensionnelles (méthodes d'ordination et de classification) qui, à la différence des méthodes unidimensionnelles, s'attachent à appréhender une réalité à facettes multiples. « Les données écologiques se présentent en effet généralement sous la forme d'ensemble de variables, dont la complexité s'avère telle qu'elle dépasse les capacités du traitement élémentaire » (Legendre et Legendre, 1984).

Au cours de cette étude nous utiliserons des analyses multivariées à un ou plusieurs tableaux.

¹ 1 UGB = 1 mère et son veau

1.4.1. Analyses multivariées à un tableau

1.4.1.1. ACP et AFC

Deux types d'analyses utilisant des pondérations différentes sur les lignes et les colonnes des tableaux de données floristiques, l'analyse en composante principale (ACP) et l'analyse factorielle des correspondances (AFC), seront utilisées.

Le principe de ces méthodes est d'obtenir une représentation approchée du nuage des n individus dans un sous-espace de dimension faible (ordination en espace réduits) (Saporta, 1990).

Soit Y , un tableau de données rectangle à n lignes (individus) et p colonnes (variables).

Toute analyse commence par la transformation du tableau d'origine en un tableau X . La transformation est caractéristique de l'analyse choisie (ACP centrée, ACP normée, AFC, ...).

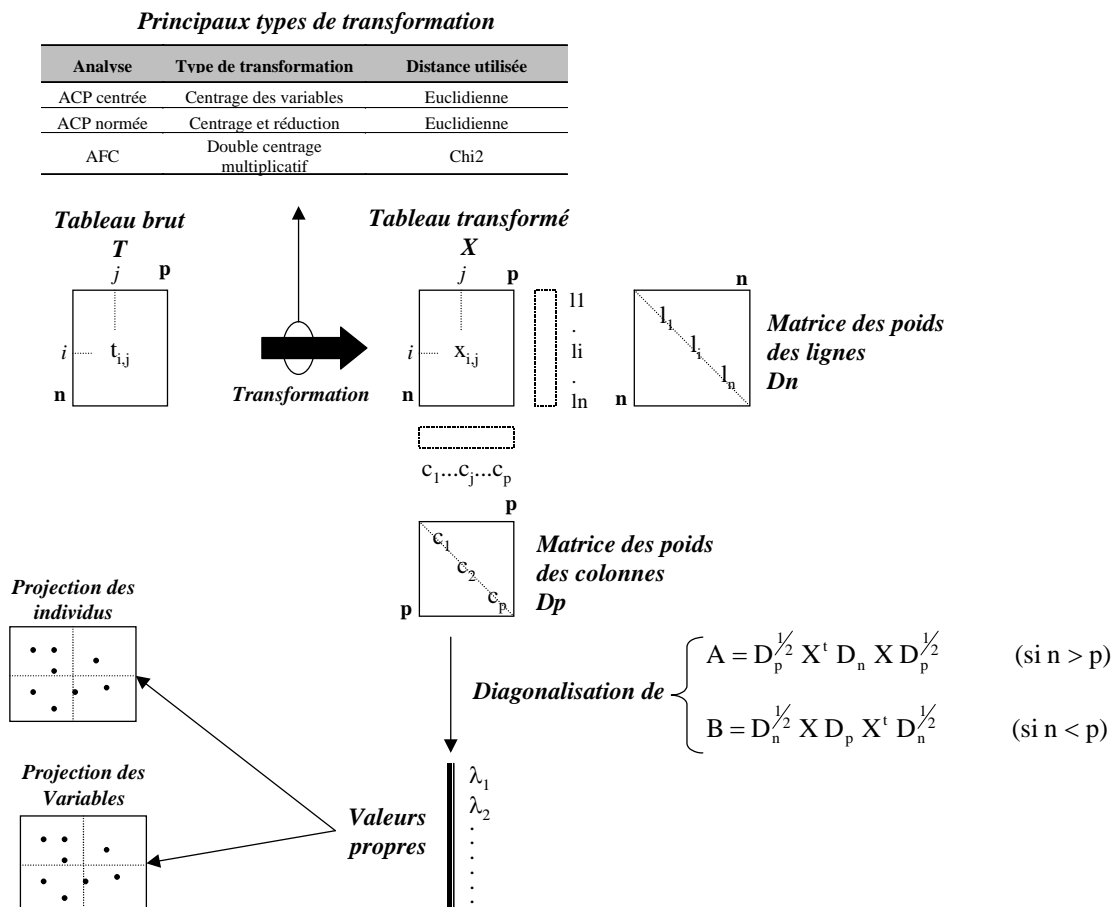


Figure 4 : Principe des analyses à un tableau utilisées (adapté de Blanc, 2000)

Le principe de ces analyses est présenté dans la Figure 9.

Au tableau X obtenu après transformation, deux matrices diagonales des poids des lignes et des colonnes peuvent être associées. Elles sont caractéristiques de la méthode utilisée. Par exemple, dans le cas d'une ACP centrée, la matrice du poids des colonnes est composée d'unités $C_j = 1$ (chaque variable a le même poids) et la matrice des poids des lignes (D_n) est constituée par $l_i = 1/n$ (chaque individu pèse le même poids). A chaque tableau X , on peut donc associer un triplet statistique (X, D_p, D_n) .

Après diagonalisation du triplet on obtient des valeurs propres et des vecteurs propres dont le nombre est majoré par la plus petite dimension du tableau de départ (n ou p). Les axes principaux obtenus sont des combinaisons linéaires des variables de départ et sont orthogonaux entre eux. Ils permettent d'obtenir des cartes factorielles et représentent le tableau de données en maximisant le critère choisi qui est caractéristique de l'analyse choisie.

Les lignes et les colonnes du tableau transformé sont projetées dans les plans formés par les axes principaux. On obtient des coordonnées factorielles qui permettent d'identifier une structure dans les données.

L'AFC et l'ACP diffèrent à la fois par la transformation effectuée et par la pondération utilisée (Blanc, 2000).

1.4.1.2. Méthodes de classification

L'analyse réalisée ci-dessus peut être complétée par des méthodes de classification et de groupement pour la mise en évidence des correspondances entre les espèces et les relevés floristiques. On obtient des groupes pour les individus et pour les variables qui facilitent l'interprétation des données.

Nous utiliserons la classification ascendante hiérarchique avec la distance de Ward sur les axes principaux

1.4.2. Couplage de deux tableaux

1.4.2.1. Analyse de co-inertie

L'évolution de la flore est étudiée au moyen d'analyses de co-inertie. Il s'agit d'une approche symétrique, une recherche de la structure commune à deux tableaux. Plus générale que l'analyse canonique, l'analyse de co-inertie s'appuie sur le schéma de dualité défini par Escoufier (1987) pour autoriser le couplage de différents types d'analyses (ACP, AFC, ACM, ...). Elle inclue notamment l'analyse inter-batterie de Tucker (Franquet et Chessel, 1994) qui permet le couplage de deux tableaux en maximisant leur covariance, donc à la fois la corrélation, comme l'analyse canonique et les variances de chacun des tableaux.

Cette méthode consiste à rechercher des axes de co-inertie maximisant la covariance entre les coordonnées des projections des lignes de chacun des tableaux respectivement dans l'espace des p colonnes du tableau X_1 et des q colonnes du tableau X_2 . Elle maximise donc à la fois la corrélation (comme l'analyse canonique) et la variance. Elle dégage donc une information plus riche que l'analyse canonique. De plus, si le nombre de variable d'un des deux tableaux se rapproche du nombre d'individu ($p > n$ ou $q > n$), l'analyse de co-inertie est encore valable alors que l'analyse canonique devient inopérante (Blanc, 2001) (Figure 10).

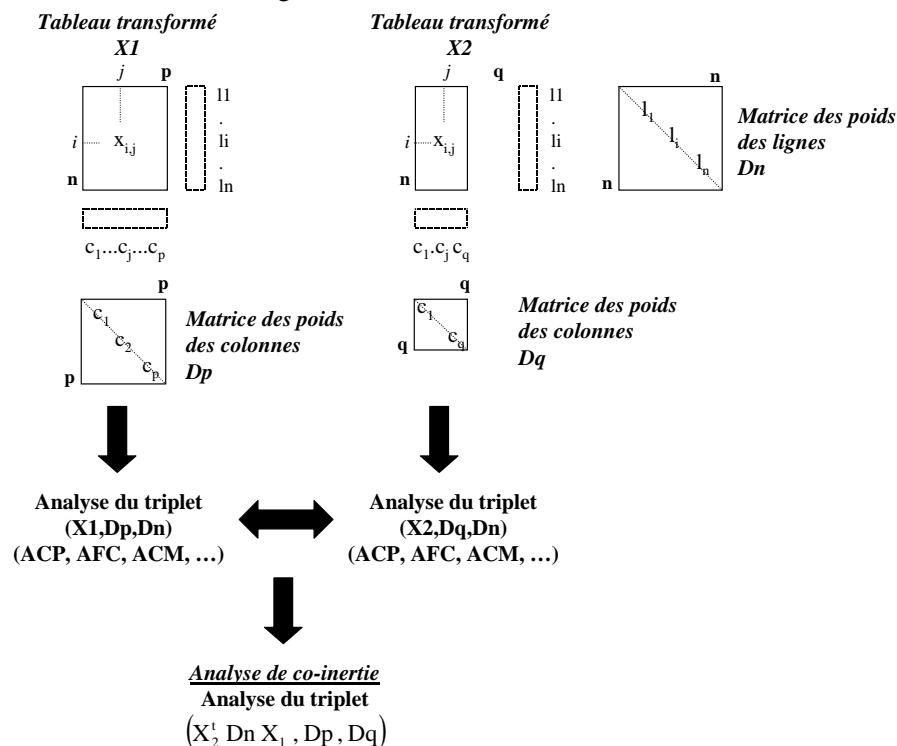


Figure 5 : Principe de l'analyse de co-inertie (d'après Blanc, 2000)

1.4.2.2. Analyses sur variables instrumentales

L'étude de cette relation est approchée au moyen de méthodes sous contrainte, l'analyse en composante principale sur variables instrumentales (ACPVi) et l'analyse canonique des correspondances (ACC) ou analyse factorielle des correspondances sur variable instrumentale (AFCVi).

Les analyses sur variables instrumentales permettent de traiter simultanément deux tableaux ayant des relevés communs et cherchent à expliquer la structure de l'un par l'autre. Elles sont appelées méthodes d'ordination « sous contrainte » car elles contraignent les axes d'ordination à être des combinaisons linéaires des variables du tableau explicatif. Leur principe général est donc de rechercher une combinaison linéaire des variables d'un tableau X1 qui réalise la meilleure régression multiple sur les variables de X2.

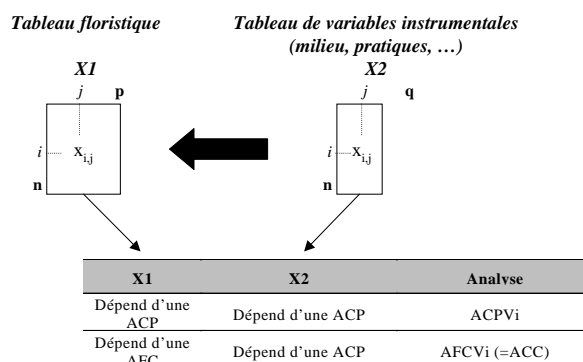


Figure 6 : Principe des analyses sur variable instrumentale

Une des contraintes de ce type d'analyse est liée à la régression sous-jacente. En effet, il faut que q, le nombre de variables explicatives de X2 soit très petit devant le nombre de relevés n ($n > 10q$), sinon cela revient à l'analyse simple du tableau à expliquer.

Ces méthodes sont couramment utilisées pour expliquer un tableau floristique par des variables de milieu, leur utilisation peut donc facilement s'étendre à l'étude de l'impact des pratiques sur la flore des pâturages. Si le tableau floristique est analysé par une AFC, l'analyse utilisée sera une AFCVi. Au contraire, s'il s'agit d'une ACP, l'ACPVi sera utilisée (Figure 11).

1.4.3. Logiciels utilisés

La base de donnée est constituée au moyen du logiciel Access (Microsoft).

Les analyses de données sont réalisées à l'aide de la librairie ADE-4 (Analyse des données écologiques) version 1.03 (Chessel et al., 2003) du logiciel R version 1.7.0. (Ihaka et Gentleman, 1996).

1. Résultats

1.1. Réalisation d'une base de données

Des données de différentes natures ont été collectées au cours des 8 dernières années. Toutefois, l'information est dispersée et le croisement des fichiers difficile en l'absence de liaisons formalisées. Afin de faciliter la manipulation et l'exploitation des données, la première partie du stage a consisté à les réunir et les organiser au sein d'une base de données. Le système de gestion de base de données choisi est le SGBDR (Système de Gestion de Base de Données Relationnelles).

1.1.1. Le Système de Gestion de Base de Données Relationnel

Ce système assure la gestion d'un ensemble de données administrées par des relations liant des données à d'autres. Le système choisi ici est la base de données ACCESS.

Le SGBDR est constitué :

- De tables servant au stockage des données
- De requêtes permettant l'interrogation de ces données
- D'écrans permettant la saisie et la restitution des données
- D'états correspondant à la restitution papier ou informatique des données
- De codes (lignes de programmes assurant le traitement).

1.1.2. La base de données ACCESS

Elle se compose de tables contenant des données relatives à une certaine catégorie d'informations.

Ces tables sont interrogeables au moyen de requêtes. Ces procédures permettent de questionner une ou plusieurs tables liées entre elles par des jointures ou des relations. Le résultat d'une requête peut être une mise à jour de table, un tableau croisé, l'extraction d'une partie de table, ... Elle se présente sous la forme d'une feuille de réponse exportable sous d'autres formats (.xls, .txt, ...).

La saisie des données papiers est réalisée au moyen de formulaires. Il s'agit de présentations de données d'une table ou d'une requête sous une forme personnalisée. D'autres objets sont disponibles. Les états permettent l'impression de données dans un format personnalisé et les macros servent à exécuter une tâche en réponse à un événement.

1.1.3. Nomenclature

Afin de normaliser la nomenclature des différents objets, ils seront nommés de la manière suivante :

- T_base_<nom de la table> pour une table contenant des données
- T_code_<nom de la table> pour une table contenant des codes (ex : code de zone ou d'une parcelle) et leur signification
- R_<nom de la requête> pour une requête
- F_<nom du formulaire> pour un formulaire

La base en elle-même se nomme « **base_pâturage_Réunion** ».

Les variables à l'intérieur des différentes tables sont nommées de la manière suivante :

X_base_<nom_de_la_variable>

x_code_<nom_de_la_variable>

- X étant une lettre majuscule spécifique de la table pour les tables « base » et en minuscule pour les tables « code ».
- Le nom de la variable étant écrit en minuscule et séparés par « _ » s'il est composé

Les différentes tables disponibles dans la base sont présentées dans le Tableau 3.

Tableau 1: Caractéristiques des différentes tables de la base de donnée « base_paturage_reunion »

Nom de la table	Contenu
T_base_eleveur	Référence des élevages
T_base_florule	Référence des espèces
T_base_biovolumes	Données de biovolumes
T_base_chimie_plante	Données relatives aux analyses chimiques pratiquées sur les prélèvements végétaux (N, P, K, Ca, ...)
T_base_chimie_plante_indices	Indices de nutrition des plantes (azoté, phosphoré, potassique)
T_base_chimie_plante_MS	
T_base_hteur_hbe	Relevés des hauteurs d'herbe
T_base_dominante	Espèces dominantes des parcelles (au semis, lors des relevés), date de semis
T_base_milieu	Caractéristiques de milieu des parcelles
T_base_phytosociologie	Relevés phytosociologiques
T_base_releve_lin	Relevés de la flore au niveau de la parcelle
T_base_pratiques	Relevés des pratiques des éleveurs
T_code_dominante	Codes employés dans la base T_base_dominante
T_code_facies	Code des faciès des différentes stations
T_code_parcelle	Récapitulatif des codes des différentes parcelles
T_code_station	Récapitulatif des codes des différentes stations
T_code_zone_geo	Codage des différentes zones géographiques

1.1.4. Relations

Deux types de liens peuvent être établis entre les éléments de la base de données, la relation (définitive) et la jointure (temporaire).

Les relations sont établies entre les tables. Elles permettent de les apparier deux à deux. Elle est construite sur un ou plusieurs champs de la première table et un ou plusieurs champs de la seconde. Elle met en correspondance les enregistrements des deux tables qui ont la même valeur dans ces champs. La relation peut être « un à plusieurs » (chaque enregistrement de la table source peut être associé à plusieurs enregistrements de la table reliée) ou « un à un » (chaque enregistrement de la table ne peut être associé qu'à un seul enregistrement de la table reliée).

La **jointure** correspond à une relation temporaire. Elle est établie entre deux tables au sein d'une requête. Trois types de jointures peuvent être définis, l'équijointure qui définit une égalité et permet l'extraction des données communes aux deux tables et les jointures externes gauches ou droites qui permettent l'extraction de toutes les données d'une table et seulement les de la deuxième commune à la première.

Les liens entre les différentes tables de la base « base_pâturage_Réunion » sont présentés dans la l'annexe 3.

1.1.5. Extraction des données

Afin de réaliser les différentes analyses de données, les tables doivent être interrogeables facilement et leur croisement doit être aisé. Ces manipulations sont réalisées à l'aide de requêtes.

1.1.6. Exemple : Recherche des stations communes aux deux années

Cette extraction se fait par une succession de requêtes sélection à partir de la table comportant les relevés phytosociologiques (T_base_phytosociologique). La première étape correspond à la création de deux requêtes, une par campagne floristique (1994-96 et 2001) contenant les stations relevées lors des deux années. Dans une troisième requête, les deux précédentes sont rappelées et liées sur le champ des stations par un lien « inclure seulement les lignes des deux tables pour lesquels les champs joints sont égaux » (Figure 12).

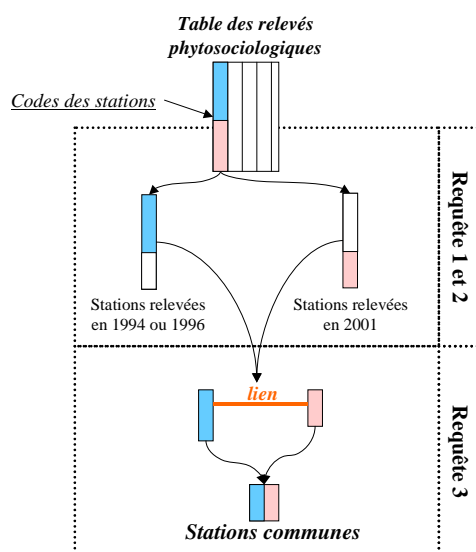


Figure 1 : Méthode pour la recherche des stations communes aux deux campagnes de relevés

Cette requête sera utilisée par la suite pour récupérer les données correspondant à ces stations dans les autres tables.

1.2. Analyse diachronique de la végétation prairiale

1.2.1. Détermination des structures à comparer

La première partie des résultats vise à mettre en évidence l'évolution de la flore prairiale sur la base des relevés de végétation effectués en 1994 ou 1996 et ceux de 2001. Il s'agit donc d'une étape de base essentiellement descriptive qui s'avère indispensable pour aborder la phase explicative des dynamiques de végétation observées.

Dans un premier temps, nous avons effectué des investigations de base afin de déterminer les données comparables (les périodes, les zones géographiques). L'objectif vise à mettre en évidence les comparables, trier les espèces à conserver et faire des regroupements d'années si nécessaire.

1.2.2. Recherche des stations à conserver

Nous vérifions dans cette partie s'il n'existe pas de différences trop importantes entre les relevés effectués en 1994 et 1996 pour pouvoir les assimiler à un point de départ commun à toutes les stations. Afin de pouvoir déterminer l'évolution de la flore, les stations doivent être communes entre les deux années analysées. Les stations communes sur toutes les zones sont au nombre de 118 (Tableau 4).

Tableau 2 : Nombre de stations communes aux différentes zones.

Zone	Nombre de stations
Plaine des Cafres	67
Hauts de l'ouest	37
Hauts de l'est	3
Hauts de Saint-Joseph	11
Total	118

La liste des stations est présentée dans l'annexe 4.

1.2.3. Détermination des espèces à conserver

Un certain nombre d'espèces ont été recensées au cours des différentes années (annexe 5). Avant la réalisation des analyses, afin d'éviter d'avoir à la fois des espèces très abondantes et très rares, ce qui compliquerait l'interprétation de l'analyse, nous supprimeront les espèces présentes dans moins de 3% des relevés. Certaines espèces rares (importantes aux dires des personnes travaillant sur le terrain) seront tout de même conservées car leur présence ou leur co-occurrence avec d'autres espèces peuvent se révéler significatives de l'état d'une prairie. Il s'agit aussi dans certains cas d'espèces spécifiques non identifiées ou de ligneux. Cette démarche de tri contribue également à l'objectif plus global de constituer un outil d'aide à la décision simplifié concernant la maîtrise de la flore prairiale dans le temps. Cet outil devra s'appuyer sur un nombre limité d'espèces pour être fonctionnel.

1.2.4. Variation des relevés entre les années 1994 et 1996

Seules deux zones sont communes aux deux années, la Plaine des Cafres et les Hauts de l'ouest. Les deux zones seront traitées simultanément pour voir s'il existe une différence globale. Les deux tableaux (un pour la campagne 1994 : 35 lignes-stations et 58 colonnes espèces ; un pour 1996 : 32 lignes-stations différentes de 1994 et 58 colonnes-espèces identiques au tableau précédent) sont accolées (colonnes-espèces communes aux deux tableaux) avant d'être analysés par une AFC afin de voir si les deux nuages de points sont similaires ou s'ils se séparent. Les quatre premiers axes sont conservés, soit 35% de l'inertie totale. Une classification ascendante hiérarchique utilisant la distance de Ward est réalisée afin de voir si les dates sont un facteur de différenciation. Trois groupes sont obtenus. Le facteur permettant la séparation des groupes se révèle être la zone géographique et non l'année sur le plan 1-2 (Hauts de l'ouest présents dans le groupe bleu et Plaine des Cafres en rouge) (Figure 13 B). Sur les plans 1-2 et 3-4, les Figure 13 B et D, montrent que les deux nuages de points sont imbriqués, ils ne semblent donc pas différents.

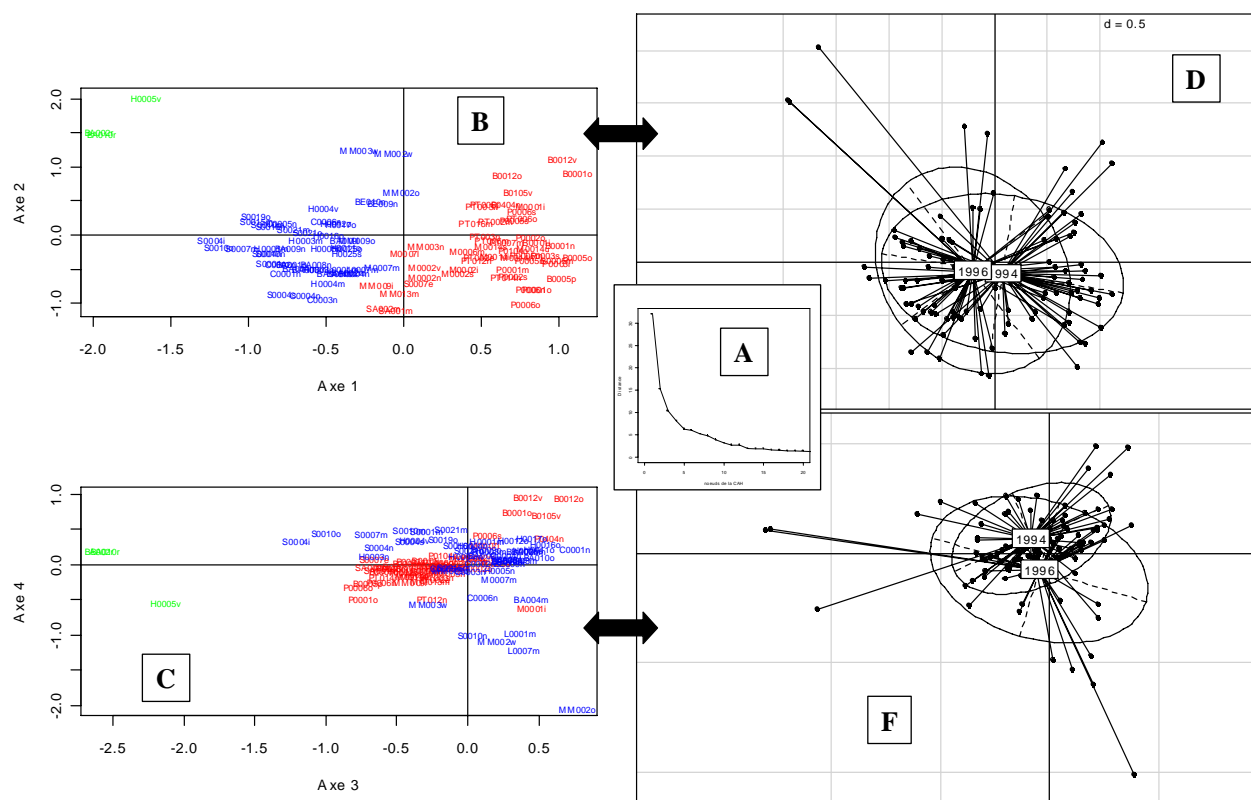


Figure 2 : Projection des stations dans les plans 1-2 et 3-4 de l'analyse suivie une classification hiérarchique ascendante. Les nœuds de la CAH donnent une cassure après 3 groupes (A) indiqués dans le plan principal (B) et le plan 3-4 (C) sur les graphiques de projection des stations. Les nuages de points par année des stations sur les mêmes plans sont présentés en D et F.

Le facteur de séparation principal des stations ne semblant pas être l'année, il semble donc légitime de les regrouper pour l'analyse diachronique de la flore prairiale avant (la période initiale correspond au regroupement des années 1994 et 1996) et après (2001) la mise en place du suivi de conseil en gestion des prairies par l'UAFP.

1.2.5. Evolution de la flore globale

Pour comparer les structures des différentes années, des analyses multivariées sont réalisées en regroupant l'ensemble des relevés phytosociologiques (au niveau de la station) de toutes les zones. Différents codages et différents types d'analyses sont testés. Dans le cadre de ce mémoire, il est impossible de restituer l'intégralité de ces analyses, nous avons donc fait le choix de ne faire apparaître qu'une description synthétique de cette partie qui n'est qu'une étape de construction de la partie explicative des changements floristiques. Des détails sont reportés en annexe.

1.2.5.1. Etude de l'état de la flore lors des deux campagnes floristiques (1994-96 ou 2001)

Cette partie consiste à décrire sommairement la structure de la végétation sur les 2 périodes retenues. Deux tableaux phytosociologiques sont utilisés. Ils comportent 118 stations (lignes), provenant des différentes zones étudiées de l'île, strictement identiques et respectivement 73 et 79 espèces (colonnes), communes en parties, pour les tableaux de 1994-96 et 2001. Deux codages sont utilisés, le codage présence-absence (binaire) ou abondance-dominance (échelle de Braun-Blanquet). Les analyses utilisées sont, dans un premier temps des ACP et des AFC. Les résultats sont présentés par le Tableau 5. Certaines sorties des analyses sont présentées en annexe (annexe 6).

Tableau 3 : Résumé des analyses effectuées sur les tableaux phytosociologiques 1994-96 et 2001 avec les différents codages

Année	Analyse	Codage	Inertie / % inertie				% inertie récupérée	CAH	
			Axe 1	Axe 2	Axe 3	Axe 4		Nb groupes	Signif
1994-96	AFC	Binaire	0,57 13,4	0,35 8,3	0,22 5,3	0,20 4,9	31	3	Zone géographique
		BB ¹	0,60 14,2	0,37 8,7	0,27 6,5		30	3	Zone géographique
	ACP	BB ¹	9,84 13,5	7,49 10,2	5,95 8,2		31	4	Zone et espèce dominante à l'implantation
2001	AFC	Binaire	0,61 11,7	0,52 10,0	0,37 7,2	0,29 5,6	30	3	Zone géographique
		BB ¹	0,61 11,7%	0,52 10,1%	0,37 7,2%	0,29 5,6%	30	4	Zone géographique
	ACP	BB ¹	12,57 17,3%	8,64 11,9%	7,15 9,9%	4,88 6,7%	46	6	Zone et espèce dominante à l'implantation

La récupération de l'inertie dans les différentes analyses sur les axes principaux est assez faible (30 à 40%) et proche que ce soit entre les années et les types de codage. Le critère principal de séparation des groupes issus de la classification ascendante hiérarchique sur les AFC est la zone géographique. Le premier axe permet une séparation des plaines de haute altitude (Plaine des Cafres et Hauts de l'ouest) et de basse altitude (Hauts de l'est et de Saint-Joseph). Les mêmes conclusions sont tirées sur les AFC de 1994-96 et 2001. Pour 1994-96 le deuxième type de séparation se fait sur les plaines de haute altitude (séparation entre la Plaine des Cafres et les Hauts de l'ouest) alors qu'en 2001, c'est l'éclatement du nuage des hauts de Saint-Joseph en fonction d'espèces spécifiques qui prévaut, la séparation des plaines de haute altitude ne se réalisant sur l'axe 3.

Les ACP sont présentées dans la Figure 14.

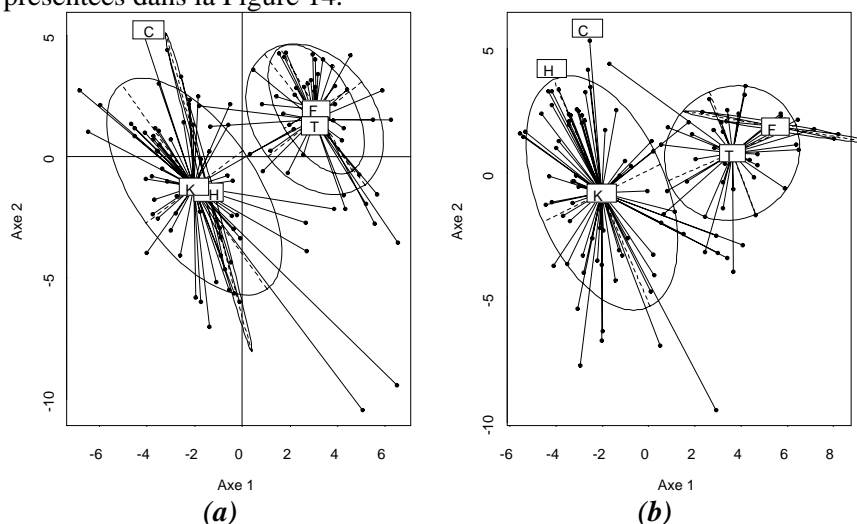


Figure 3 : Projection des 118 stations dans le plan principal des ACP des tableaux phytosociologiques 1994-96 (a) et 2001 (b) en codage abondance-dominance. Les espèces de graminées dominantes des différentes stations sont présentées par des ellipses (K : kikuyu, T : graminées tempérées, C : chloris, H : houlque, F : flouze)

¹ BB : codage abondance-dominance (échelle de Braun-Blanquet)

Dans ces analyses, le facteur permettant la séparation des groupes n'est pas uniquement la zone, mais également l'espèce de graminée implantée (dominante à l'implantation) (Figure 14). Dans le plan principal le premier axe permet la séparation des prairies à kikuyu ou à houlque localisées dans les différentes zones et des pâturages à graminées tempérées ou à flouve, majoritairement présentes dans la plaine des Cafres.

Les groupes de la CAH séparent, d'un côté les prairies à kikuyu houlque et de l'autre à graminées tempérées ou flouve en 1994-96 alors qu'en 2001 le nombre de groupes est plus important, en rapport avec un échantillonnage plus étendu.

1.2.5.2. Evolution de la flore entre les deux périodes

Afin d'essayer de mettre en évidence l'évolution de la flore entre les deux séries de relevés, une analyse de co-inertie est réalisée sur les tableaux (1994-96 et 2001) préalablement centrés. Ce type d'analyse a déjà été réalisé pour comparer les profils de végétation (Maillot, 2001). Toutefois, tous les taxons avaient été conservés au cours de cette analyse avec notamment la présence d'espèces très rares dans les pâturages. Notre analyse sera au contraire réalisée sur les espèces présentes dans plus de 3% des exploitations comme expliqué précédemment.

La corrélation entre les deux analyses est assez forte. Le coefficient RV qui reflète cette caractéristique est ici de 0,67. De plus la corrélation entre les axes des ACP d'origine est très forte (respectivement, pour les 3 premiers axes, 0,89, 0,83 et 0,74). Sur le premier plan de co-inertie, on retrouve 97% de l'inertie projetée dans les plans principaux des analyses d'origine, d'où une bonne conservation de l'inertie de départ. Le test de permutation de Monte-Carlo (Manly, 1997 et Heo et Gabriel, 1997) effectué sur cette analyse confirme la présence d'une corrélation entre les deux analyses. Ce test permet en simulatant des coefficients RV (1000 fois) de voir si celui que l'on observe lors de l'analyse est significatif.

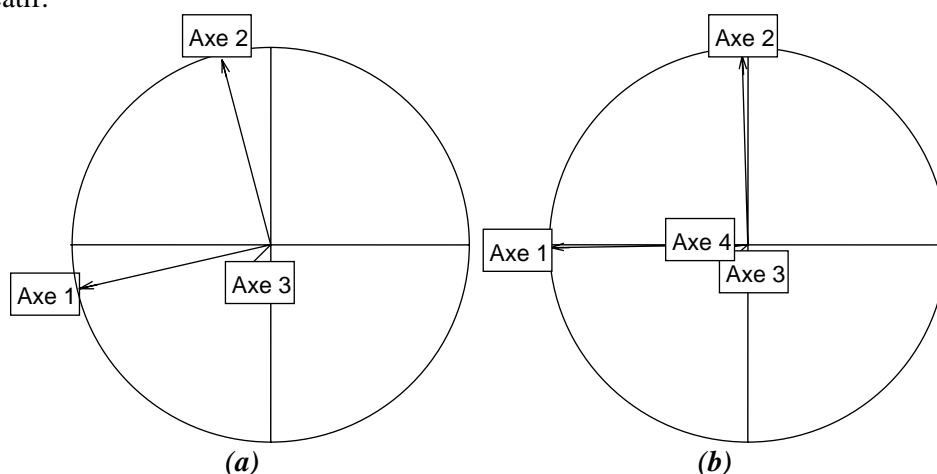


Figure 4 : Projection des axes d'inertie de l'ACP centrée du tableau phytosociologique des années 1994-96 codage Braun-Blanquet (a) et de l'ACP du tableau phytosociologique 2001 codage Braun-Blanquet (b) dans le plan principal de co-inertie

Les deux premiers axes de co-inertie sont très proches des axes d'inertie des analyses de départ à une rotation d'angle faible près pour l'ACP 1994-96 (Figure 15). Cela signifie que globalement les structures des couverts présents en 1994-96 ont peu évolué quand on intègre dans l'analyse les régions dans leur ensemble.

Les espèces les plus structurantes de cette analyse sont les graminées cultivées *Lolium perenne* (ray-grass), *Dactylis glomerata* (dactyle), *Pennisetum clandestinum* (kikuyu), *Holcus lanatus* (houlque), *Anthoxanthum odoratum* (flouve).

1.2.5.3. Conclusion

Le facteur structurant de ces analyses est majoritairement la zone géographique. De plus les taxons sont différents d'une zone à l'autre. Pour mettre en évidence l'évolution de la flore, l'analyse globale de toutes les stations ne semble donc pas la plus adaptée. Il paraît donc souhaitable de changer

d'échelle et de travailler séparément sur les zones géographiques particulières que sont la Plaine des Cafres, les Hauts de l'ouest, les Hauts de Saint-Joseph et les Hauts de l'est.

1.2.6. Etude de la flore prairiale de la plaine des Cafres

La principale zone étudiée (en terme de nombre d'exploitations participant à l'analyse) au cours des différentes campagnes floristiques est la plaine des Cafres. Nous allons donc essayer de mettre en évidence les déterminants de la flore prairiale dans cette zone. Cela constituera une base méthodologique d'une démarche qui pourra être appliquée aux autres zones qui ne pourront être abordées dans les limites de temps imposées par ce stage.

Deux tableaux phytosociologiques sont utilisés ici. Ils comportent 67 stations (lignes) strictement identiques et respectivement 53 et 47 espèces (colonnes), communes en parties, pour les tableaux de 1994-96 et 2001. Les mêmes codages que mentionné dans l'analyse précédente sont utilisés par la réalisation des analyses multivariées (AFC et ACP). Les résultats étant similaires entre les analyses effectuées avec les deux types de codages, nous ne nous intéresserons qu'aux résultats abondance-dominance.

1.2.6.1. Etat de la flore en 1994-96

Les relevés sont analysés par AFC. 45% de l'inertie du tableau de départ est conservée sur les 4 premiers axes de l'analyse. La CAH différencie 7 groupes dont les caractéristiques sont présentées dans le Tableau 6.

Tableau 4 : Caractéristiques des différents groupes de la CAH suivant l'AFC du tableau phytosociologique de 1994-96 codage abondance dominance (67 stations 53 espèces)

Groupes	Caractéristiques	Espèce dominante ¹	Sous-zones géographique
A	Prairies à naturelles à flouve, danthonie	T ou F	NB
B	Pâturages à Dactyle, ray-grass peu dégradés	T	NB
C	Prairies à kikuyu ou dactyle non dégradées	T ou K	NB, BI, HT
D	Prairies naturelles ou à graminées tempérées dégradées	F	BI, NB, HT
E	Prairies à kikuyu, présence importante de <i>Sporobolus</i>	K	HT
F	Prairies de fauche tempérées dégradées	T	HT
G	Pâturages à kikuyu envahis par <i>Acacia mearsii</i> , <i>Lantana camara</i> et <i>Solanum mauritianum</i>	K	HT

La Figure 16 permet de visualiser les stations (a) dans le plan principal de l'AFC.

Deux sous-zones se démarquent sur l'axe 1 les prairies à graminées tempérées du Nez de Bœuf (NB) et celles à kikuyu des hauts du Tampon (HT). La sous-zone du Biberon est intermédiaire entre les deux. Sur l'axe deux, on distingue des prairies à kikuyu très dégradées par des envahissantes telles que *Acacia mearsii*, *Lantana camara* ou *Solanum mauritianum* (groupe 4) ou spontanées à flouve et à danthonie (groupe 2.1) du Nez de Bœuf. Plus haut sur le même axe, se localisent les groupes des prairies plus intensives. Il s'agit donc d'un axe décrivant l'intensification des prairies.

Les prairies du NB ont une forte similarité floristique entre elles (jusqu'à 83% d'espèces identiques entre les groupes 1.1 et 2.2) alors que les pâturages des hauts du Tampon sont plus différenciés.

L'ACP (Figure 17 a) réalisée sur les mêmes données ne donne pas les mêmes groupes. Au contraire de l'AFC, elle donne un poids supérieur aux graminées cultivées (kikuyu, dactyle, ray-grass, flouve), séparant les groupes en fonction de ces dominantes. De plus l'éclatement du nuage est meilleur. Sur les 5 axes conservés pour l'analyse (64% de l'inertie) nous ne commenterons que le plan principal. La CAH détermine 6 groupes présentés dans le Tableau 7.

¹ Espèce de graminée dominante (T : graminées tempérées, K : kikuyu, F : flouve)

Tableau 5 : Caractéristiques des différents groupes issus de la CAH suivant l'ACP du tableau phytosociologique codage Braun-Blanquet (67 stations 53 espèces)

Groupes	Caractéristiques	Espèce dominante ¹	Sous-zone géographique
1	Prairies à dactyle ray gras peu dégradées (<i>Rumex</i>)	T	BI, NB, HT
2	Prairies tempérées non dégradées	T	NB
3	Prairies naturelles à flouve ou très dégradées	F	NB, BI, HT
4	Prairies à kikuyu envahies par <i>Sporobolus indicus</i>	K	HT
5	Prairies de fauche graminées tempérées dégradées	T	HT
6	Prairies naturelles ou à prairies à graminées tempérées	F ou T ou K	BI, NB

Sur le premier axe, la séparation est la même que pour l'AFC, avec une différenciation entre les prairies à kikuyu des hauts du Tampon et à graminées tempérées ou à flouve du Nez de Bœuf. On trouve les prairies naturelles plutôt dans la partie inférieure de l'axe 2 et les prairies cultivées dans sa portion supérieure, il correspond donc à un axe d'intensification également. Les stations très dégradées mises en évidence au moyen de l'AFC ne ressortent pas, l'ACP mettant en avant les espèces les plus courantes (graminées tempérées, kikuyu et flouve) au contraire de l'AFC qui privilégie les espèces rares.

1.2.6.2. Etat de la flore en 2001

Comme pour l'analyse des années 1994-96, une AFC et une ACP sont réalisés sur le tableau phytosociologique 2001 codé avec l'échelle de Braun-Blanquet.

L'AFC permet une récupération de 43% de l'inertie du tableau initial sur les 4 premiers axes. La CAH fourni 6 groupes (Tableau 8).

Tableau 6 : Caractéristiques des différents groupes de la CAH suivant l'AFC du tableau stations-espèces 2001 codé en abondance-dominance (67 stations 47 espèces)

Groupes	Caractéristiques	Espèce dominante ¹	Zone géographique ²
1	Prairies naturelles à flouve et danthonie	F	NB
2	Prairies à dactyle- Ray gras , présence de <i>Rumex</i>	T	NB
3	Prairies à kikuyu dégradées par <i>Sporobolus indicus</i>	K	HT
4	Prairies à Graminées tempérées ou kikuyu, présence de <i>Rumex</i>	T ou K	HT
5	Prairies à Graminées tempérées ou kikuyu, présence de jonc	T ou K	BI
6	Prairies à kikuyu très dégradées (<i>Acacia mearsii</i> , <i>Lantana camara</i> et <i>Solanum mauritianum</i>)	K	HT

On observe une structure similaire à l'analyse précédente (1994-96) sur le premier plan avec toutefois une inversion des deux premiers axes (Figure 16 b). Les groupes des stations très dégradées et à prairies spontanées sont toujours présents. On observe également une individualisation de la zone du Bibéron.

L'ACP (Figure 17b) permet la conservation de 60% de l'inertie initiale sur les 5 premiers axes. Les 6 groupes individualisés par CAH (Tableau 9) sont assez cloisonnés par zone comme précédemment sur le premier axe.

¹ Espèce de graminée dominante (T : graminées tempérées, K : kikuyu, F : flouve)

² Zone géographique de la plaine des Cafres (NB : Nez de Bœuf, HT : Hauts du Tampon, BI : Bibéron)

Tableau 7 : Caractéristiques des différents groupes de la CAH suivant l'ACP du tableau stations-espèces 2001 codé en abondance-dominance (67 stations 47 espèces)

Groupe s	Caractéristiques	Espèce dominante ¹	Zone géographique
1	Prairies naturelles à flouve	F ou T	NB
2	Prairies à graminées tempérées avec présence de <i>Rumex</i>	T	NB
3	Prairies à kikuyu avec présence importante de <i>Sporobolus indicus</i> et <i>Cyperus rotundus</i>	K	HT
4	Prairies à kikuyu	K	HT
5	Prairies à kikuyu ou graminées tempérées avec présence de jonc et <i>Agrostis tennuis</i>	K ou T	BI
6	Prairies à graminées tempérées et kikuyu dominant Présence de petit tamarin	T	HT

Ces analyses des tableaux individuels vont maintenant nous permettre d'analyser les variations entre les tableaux par comparaison des typologies avec chaque type d'analyse (ACP centrées et AFC).

1.2.6.3. Evolution de la flore entre les deux périodes

▪ Comparaison par étude des correspondances des typologies 1994-96 et 2001

Deux AFC ont permis d'étudier les tableaux phytosociologiques en codage Braun-Blanquet de 1994-96 et 2001. Ces analyses ont été complétées par des classifications ascendantes hiérarchiques afin de mettre en évidence des groupes de stations. Le Tableau 10 résume les correspondances entre les groupes des deux années.

On remarque tout d'abord que la classification réalisée sur l'AFC du tableau phytosociologique codé avec l'échelle de Braun-Blanquet sur le tableau 1994-96 ne sépare pas complètement les stations en fonction des zones géographiques avec notamment des croisements entre les 3 zones dans le groupe 1, contrairement au codage absence-présence. Ce phénomène est intéressant car il permet de dépasser les groupes géographiques permettant peut être, dans un deuxième temps, de lier les variations à d'autres facteurs (pratiques, ...).

¹ Espèce de graminée dominante

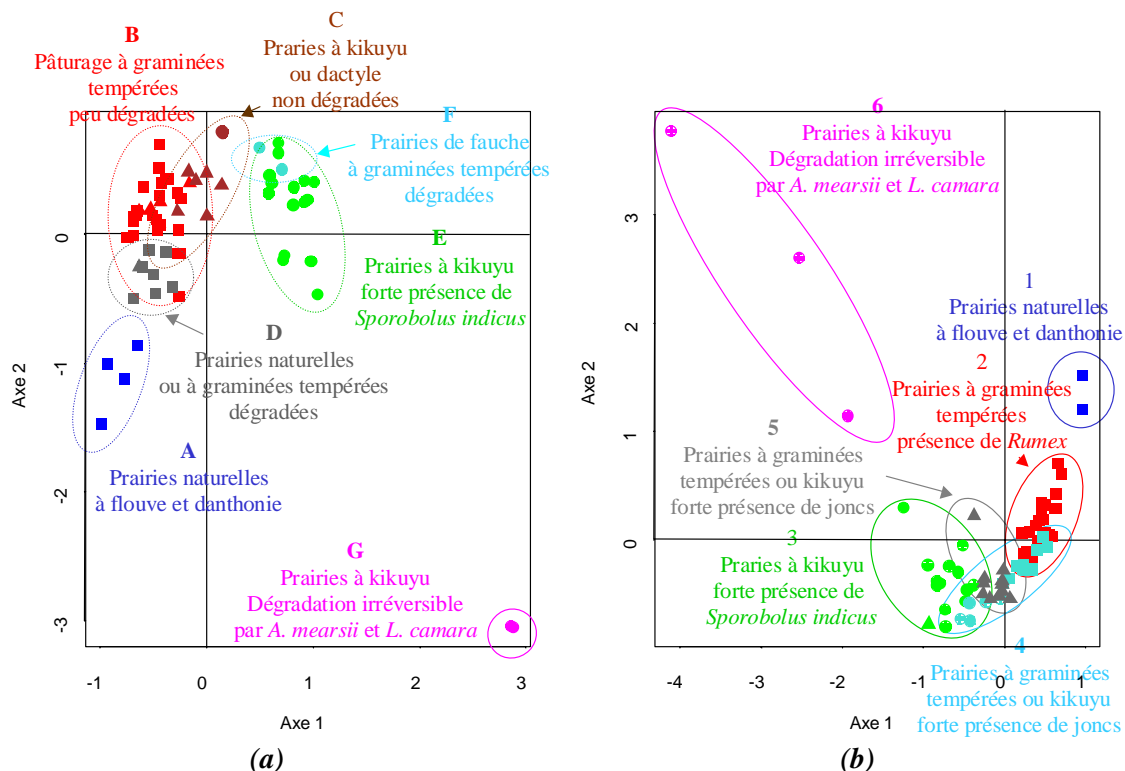


Figure 5 : Projection des stations dans le plan principal de l'ACF du tableau phytosociologique 1994-96 (67 stations, 53 espèces) (a) et 2001 (67 stations, 47 espèces) (b). Les différents groupes issus de la CAH sont présentés de couleur différente et les zones par des symboles (● : hauts du Tampon, ■ : Nez de Bœuf, ▲ : Biberon).

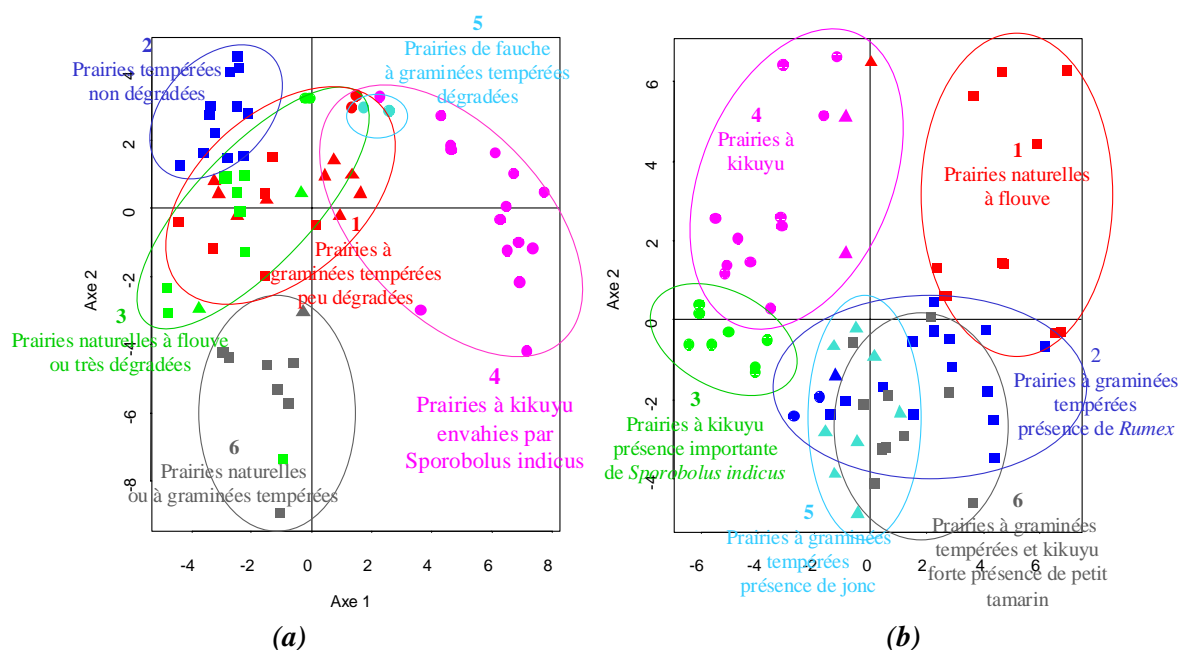


Figure 6 : Projection des stations dans le plan principal de l'ACP du tableau phytosociologique 1994-96 (67 stations, 53 espèces) (a) et 2001 (67 stations, 47 espèces). Les différents groupes issus de la CAH sont présentés de couleur différente et les zones par des symboles (a) (● : hauts du Tampon, ■ : Nez de Bœuf, ▲ : Biberon).

Tableau 8 : Correspondance entre les groupes obtenus lors des typologies réalisées avec les AFC des tableaux phytosociologiques 1994-96 et 2001 codés en abondance- dominance

Groupe 1994-96		Groupe 2001	Passage entre les groupes nb (%)	Changements
B	Pâturages à Dactyle, Ray-Grass peu dégradés du Nez de Bœuf du biberon et du haut du tampon	2 Prairies à dactyle- Ray gras , présence de <i>Rumex</i> du Nez de Bœuf	15 (54%)	↗ <i>Rumex</i>
		4 Prairies à Graminées tempérées ou kikuyu, présence de jonc du haut du Tampon et du Nez de Bœuf .	8 (29%)	↘ <i>Juncus</i>
		5 Prairies à Graminées tempérées ou kikuyu, présence de jonc du Biberon	5 (18%)	↗ <i>Juncus</i> , kikuyu, <i>Agrostis</i> , <i>Sporobolus</i> , parfois <i>Ulex</i> ↘ Dactyle
C	Prairies à kikuyu ou dactyle non dégradées du Nez de Bœuf , Biberon ou Haut du Tampon	3 Prairies à kikuyu dégradées par <i>Sporobolus indicus</i> du haut du Tampon	1 (14%)	
		4 Prairies à Graminées tempérées ou kikuyu, présence de jonc du Haut du Tampon	2 (29%)	Disparition des graminées tempérées, uniquement présence de kikuyu
		5 Prairies à Graminées tempérées ou kikuyu, présence de jonc du Biberon	4 (57%)	Equilibre entre Dactyle-Ray-grass et kikuyu
A	Prairies à naturelles à flouve, danthonie du Nez de Bœuf	2 Prairies à dactyle- Ray gras , présence de <i>Rumex</i> du Nez de Bœuf	2 (50%)	Parcelles semées
		1 Prairies naturelles à flouve et danthonie du Nez de Bœuf	2 (50%)	Pas évolution
D	Prairies naturelles ou à graminées tempérées dégradées du Biberon et du Nez de Bœuf et du Haut du Tampon	2 Prairies à dactyle- Ray gras , présence de <i>Rumex</i> du Nez de Bœuf	5 (62.5%)	↗ Dactyle, Ray-Grass, <i>Rumex</i>
		4 Prairies à Graminées tempérées ou kikuyu, présence de jonc du Haut du Tampon	2 (25%)	↗ Dactyle, Ray-Grass
		5 Prairies à Graminées tempérées ou kikuyu, présence de jonc du Biberon	1 (12.5%)	↗ Dactyle, Ray-Grass, Danthonie
E	Prairies à kikuyu, présence importante de <i>Sporobolus</i> du Haut du Tampon	3 Prairies à kikuyu dégradé par <i>Sporobolus indicus</i> du haut du Tampon	13 (87%)	Peu de changements
		6 Prairies à kikuyu très dégradées (<i>Acacia mearsii</i> , <i>Lantana camara</i> et <i>Solanum mauritianum</i>) du haut du Tampon	1 (7%)	Evolution vers une dégradation irréversible sans intervention mécanique lourde
		4 Prairies à Graminées tempérées ou kikuyu, présence de jonc du Haut du Tampon	1 (7%)	
F	Prairies de fauche tempérées dégradées du Haut du Tampon	4 Prairies à Graminées tempérées ou kikuyu, présence de jonc du Haut du Tampon	2 (100%)	Forte augmentation du kikuyu et du dactyle
G	Pâturages à kikuyu envahi par <i>Acacia mearsii</i> , <i>Lantana camara</i> et <i>Solanum mauritianum</i> du Haut du Tampon	6 Prairies à kikuyu très dégradées (<i>Acacia mearsii</i> , <i>Lantana camara</i> et <i>Solanum mauritianum</i>) du haut du Tampon	2 (100%)	Pas évolution ↘ <i>Rumex</i> , <i>Lantana</i> , <i>Acacia mearsii</i>

L'examen de la Figure 16 et du Tableau 10 montrent comment les groupes évoluent entre 94-96 et 2001 sur la base de l'AFC.

Le groupe B constitué de prairies à graminées tempérées peu dégradées se répartit dans trois groupes avec une majorité dans le « 2 ». Dans ces stations, on remarque une augmentation de *Rumex* mais également une diminution de *Juncus effusus*. Dans les prairies passées dans le groupe 5 on peut voir une augmentation du kikuyu, du dactyle, du *Sporobolus indicus* et du *Rumex*. Enfin, le transfert vers le groupe 6 ne semble correspondre à aucun changement réel si ce n'est à une légère augmentation du jonc. Globalement, on observe dans ces pâturages une augmentation du *Rumex* ainsi qu'un maintien ou une augmentation des graminées cultivées.

Les prairies classées dans le groupe C (prairies à dactyle ou kikuyu non dégradées) en 1994-96 se retrouvent dans la majeure partie dans les groupes 4 et 5 avec respectivement un renforcement du kikuyu et l'établissement d'un équilibre entre les graminées tempérées et le kikuyu.

En 1994-96, **les stations classées dans le groupe A** correspondent à des prairies naturelles à flouve et à danthonie. Ces structures se révèlent très stables, car elles restent inchangées (groupe 1) s'il n'y a pas d'intervention humaine pour les transformer en prairies cultivées (groupe 2). **Le groupe D** (prairies naturelles ou graminées dégradées) se sépare en fonction de la zone d'appartenance. Une augmentation commune du dactyle est observée, mais, une évolution divergente est également observée avec l'augmentation de certains taxons dans les différents groupes de destination en 2001 (*Rumex*, *Danthonie*).

Les prairies du groupe E (kikuyu et présence de *Sporobolus*) sont majoritairement retrouvées dans le groupe 3. Ce sont des parcelles à dominante « kikuyu » avec une présence relativement importante de *Sporobolus indicus*. Cette espèce se retrouve avec la même intensité en 2001, son élimination des prairies semble donc difficile. On peut par contre voir le passage d'une station dans le groupe 4 caractérisée par une dégradation irréversible de la prairie par des envahissantes telles que *Lantana camara*, *Acacia mearsii* ou *Solanum mauritianum* ce qui confirme le passage entre les deux groupes.

Le groupe F (prairies à fauches tempérées dégradées) se retrouve entièrement dans le 6. On note une augmentation importante des graminées (dactyle et kikuyu). Ces prairies sont des prairies de fauche, il semble donc que ce type de pratiques favorise le développement des graminées.

Pour terminer les stations du **groupe G (prairies à kikuyu très dégradées par *Acacia mearsii* et *Lantana camara*)** restent comme pour le codage binaire dans le même groupe. Ce sont les prairies dégradées par *Lantana camara*, *Acacia mearsii* ou *Solanum mauritianum*. Cette absence d'évolution confirme bien l'irréversibilité de ce stade, même après 10 ans, sans une intervention extérieure pour la remise en état de la parcelle.

▪ Comparaison des typologies 1994-96 et 2001 à l'aide de l'analyse de co-inertie

Une analyse de co-inertie réalisée entre les deux ACP donne un coefficient de corrélation RV entre les deux typologies de 0,59, d'où des typologies en partie similaires. Ceci est confirmé par un test de Monte-Carlo (test de permutation) qui montre qu'il existe une corrélation entre les deux analyses initiales.

La signification des axes, en fonction des espèces contribuant à leur formation, nous indique que l'axe 1 correspond à une séparation des prairies à kikuyu de celles à graminées tempérées. L'axe 2 correspond par contre à une opposition entre les adventices principales et les espèces de dégradation (*Rumex*, *Acacia mearsii*, ...) et les graminées cultivées (kikuyu, flouve, dactyle) (annexe 8 figure 2).

Les trajectoires des stations entre les deux périodes montrent des évolutions complexes (annexe 8 figure 1). Afin de simplifier la représentation des stations, le graphique de projection de leur évolution est séparé en fonction des espèces dominantes implantées. Lorsque l'espèce dominante implantée est le kikuyu, nous pouvons voir deux phénomènes. Pour la majorité des stations, l'évolution est faible (faible de taille faible donc même composition entre les deux relevés floristiques). Puis, quelques stations s'orientent vers une intensification avec notamment une augmentation du dactyle, alors que d'autre on plutôt tendance à aller vers une dégradation (flèches vers le bas). L'interprétation est plus délicate pour les graminées tempérées. Effectivement, il ne se détache pas de tendances claires dans la direction des évolutions. Un certain nombre d'entre elles s'orientent vers une dégradation (flèches en direction de la partie inférieure de l'axe 2 de co-inertie). D'autres semblent s'intensifier vers les graminées tempérées (flèche vers la droite et le haut). Enfin, les prairies à dominante flouve, peu

nombreuses dans notre échantillon ont également des évolutions variées. Pour trois d'entre elles on peut observer une augmentation du kikuyu (flèche vers la gauche). Une autre station (en bas à droite du graphique) est également remarquable du fait qu'elle a été refaite entre les deux années avec des graminées tempérées, d'où une flèche très longue vers ces dernières vers le haut et la droite).

Cette analyse plus globale sera reprise afin de la comparer aux résultats de la typologie des parcelles et des pratiques.

1.2.6.4. Conclusion

La zone de la plaine des Cafres est une zone plus homogène que l'île entière, cela permet de discerner des évolutions fines depuis les différents groupes établis en 94-96 vers ceux correspondant à la situation en 2001. On observe ainsi des processus de dégradation, et des d'intensification ou de stagnation selon les parcelles. La prochaine étape de notre démarche va consister à essayer de déterminer les causes de ces évolutions.

1.3. Evolution des facteurs de milieu

Dans les analyses précédentes nous avons cherché à mettre en évidence l'évolution de la flore prairiale (chapitre 3.2). Avant d'identifier les pratiques de gestion des pâturages responsables de ces dynamiques floristiques. Il est indispensable de vérifier l'influence des facteurs de milieu qui pourraient également être à l'origine d'une part de l'évolution de la végétation prairiale. Les deux types de facteurs, milieu et pratique influencent l'évolution de la végétation prairiale, mais l'échelle de temps à laquelle ils agissent est différente, les pratiques ayant un effet plus immédiat et les facteurs de milieu entraînant des modifications à long terme (Blanfort, 1998).

Tout comme dans la partie 3.2.3, nous limiterons nos investigations à la zone géographique de la Plaine des Cafres dans ce rapport. Des relevés météorologiques sont disponibles sur cette zone. Toutefois, en raison de leur précision (une station météorologique), il n'est pas envisageable d'utiliser ces données dans une analyse statistique pour mettre en relation avec les données floristiques les données météorologiques. Nous utiliserons donc une démarche exploratoire essentiellement graphique pour mettre en évidence les évolutions de température et de pluviométrie caractéristiques des différentes campagnes floristiques (1994, 1996 et 2001).

1.3.1. Les données disponibles

Les données récupérées (température et pluviométrie), sont relevées quotidiennement. La température est exprimée en degrés Celsius (°C) et la pluviométrie en mm. D'autres variables calculées sont analysées comme, le nombre de jours secs et le nombre de jours où la température dépasse 17°C, température uniquement atteinte pendant les mois les plus chauds sur cette zone d'altitude de l'île.

Afin de tenir compte des variations annuelles, nous étudierons les quatre saisons précédant les relevés et ferons la moyenne des résultats regroupés par saison pour chacune des campagnes.

1.3.2. Etude des modifications de la température

Les moyennes des températures des deux saisons précédant chacune des trois campagnes sont présentées dans la Figure 18.

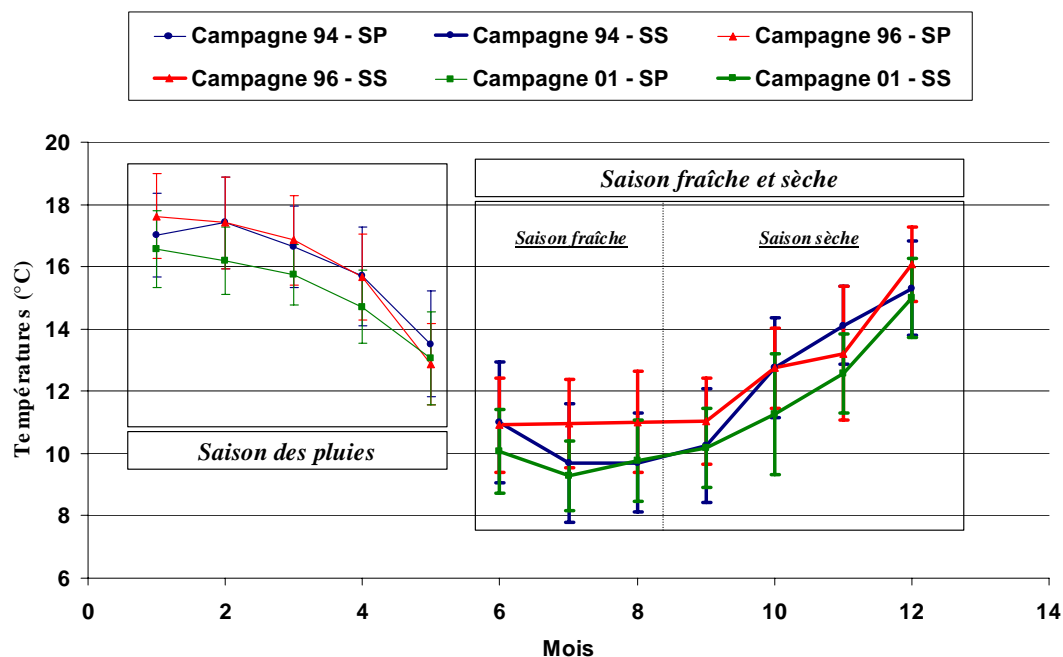


Figure 7 : Evolution des températures en saison sèche ou en saison des pluies pour les trois campagnes floristiques (chaque point correspond à une moyenne par mois des deux années précédentes)

La température moyenne varie peu. Il semble que pour les saisons des pluies il y ait une diminution des températures moyenne d'environ 1°C entre la première et la dernière campagne. Cette différence semble moins marquée en saison sèche. On peut également remarquer une légère augmentation des températures maximales en 1996 et 2001 par rapport en 1994 lors de la saison des pluies. On peut également observer une augmentation du nombre de jours où la température dépasse 17°C en saison des pluies et également globalement sur l'année (Tableau 11)

Tableau 9 : Evolution du nombre de jours où la température est supérieure à 17°C. Les données sont des moyennes calculées sur le cumul des deux années précédentes

Campagne	Saison sèche	Saison des pluies	Année
1994	101.5	112	106.75
1996	116	138	127
2001	95	132.5	113.75

Il semble donc qu'il y ait une diminution de la température moyenne, mais une augmentation des écarts dans la journée.

1.3.3. Analyse des données de pluviométries

Les moyennes des cumuls de pluviométrie par saison pour les deux années précédentes les relevés sont présentées dans le Tableau 12.

Tableau 10 : Pluviométrie (mm) lors des différentes campagnes

Campagne	Saison des pluies	Saison sèche
1994	183 ± 16,5	54 ± 37,5
1996	133 ± 22,3	50 ± 29,9
2001	89 ± 50,9	38 ± 19,0

La pluviométrie des saisons précédentes la campagne de 2001 semble avoir été particulièrement sèche alors que pour celle de 1994 les précipitations avaient été plus abondantes

Au contraire, le nombre de jours secs suit une évolution inverse et semble diminuer (Tableau 13), surtout en saison sèche, par rapport à la première campagne.

Tableau 11 : Nombre de jours secs lors des différentes campagnes (les données sont des moyennes des cumuls de jours secs par saison au cours des 2 saisons précédent les relevés)

Campagne	Saison des pluies	Saison sèche
1994	35	64.5
1996	26.5	55
2001	19	17

Nous remarquons une diminution de la pluviométrie entre les différentes campagnes en fonction du temps mais dans le même temps une diminution du nombre de jours sans pluie. Il semble qu'il y ait une diminution de la quantité d'eau par jour de pluie. En effet, la moyenne des précipitations par jour pluvieux était dans les deux années précédant les premières campagnes respectivement de 1,57 mm en saison des pluies et 0,34 mm en saison sèche et n'est que de 0,72 mm et 0,19 mm pour les mêmes saisons en 2001. La différence est plus marquée en saison des pluies et surtout pour l'année 2000.

1.3.4. Conclusion

Les paramètres de milieu étudiés semblent avoir évolué au cours des différentes campagnes floristiques. La température apparaît inférieure en saison des pluies mais ceci ne semble pas une évolution réellement significative et susceptible d'influencer la flore. Par contre la pluviométrie semble montrer des changements importants avec deux phénomènes principaux consistant en une diminution de la quantité de pluie par jour pluvieux compensée par une diminution des jours secs.

Ces facteurs ont vraisemblablement influencé le développement de la flore prairiale, toutefois, notamment à cause de l'échelle trop importante des stations météorologiques, il est difficile de les intégrer précisément à l'analyse de l'évolution de la flore de la Plaine des Cafres. Nous en tiendrons compte dans l'interprétation des résultats.

1.4. Evolution des pratiques d'élevage et relations avec la flore prairiale sur la zone de la Plaine des Cafres

Un des buts de ce stage est de déterminer les pratiques de gestion des pâturages entraînant une pérennité ou une dégradation de la flore prairiale. Cela consistait à dégager les déterminants, à partir des pratiques des éleveurs, de l'évolution des prairies. Toutefois, les données collectées dans la phase de mise en place de la base de données (cf §3.1) ne permettent pas de réaliser nos objectifs initiaux. Nous avons donc eu recours à des analyses statistiques classiques et à des analyses multidimensionnelles à un seul tableau sur les données disponibles dans les élevages sélectionnés sur la zone de la Plaine des Cafres.

Dans un premier temps nous examinerons les tendances d'évolution des indicateurs de gestion des pâturages et des pratiques des éleveurs elle-même. Ceci permettra d'évaluer ensuite les conséquences de ces changements sur la flore des pâturages.

1.4.1.1. Les indicateurs de la nutrition du pâturage

Les trois indicateurs disponibles caractérisent les nutriments azotée (IN), phosphorée (IP) et potassique (IK). Avant toutes analyses, nous avons représenté graphiquement, pour chaque indice, le croisement des résultats pour la campagne 1994-96 et celle de 2001 pour les parcelles communes (Figure 19).

Nous pouvons remarquer que pour les indices de nutrition azotée et phosphorée, la majorité des points se trouve dans la zone du graphique où l'indice était inférieur à 100% et l'est toujours en 2001, quelque soit la saison. On peut toutefois remarquer que l'on retrouve plus de points dans la zone supérieure à 100 en 2001 qu'en 1994-96, d'où une tendance à l'augmentation générale pour ces deux indices. Les besoins en potassium étaient déjà couverts en 1994-96 et le sont toujours en 2001, quelque soit la saison. On peut toutefois voir une augmentation de l'IK pour la saison sèche. Une analyse de la variance à deux facteurs a été réalisée afin de voir s'il existe globalement une différence entre les séries d'indices mesurés au moment des deux campagnes floristiques après vérification des

hypothèses de normalité des distributions et d'homosédasticité (homogénéité des variances) (annexe 9) (Tableau 14).

Tableau 12 : Analyse de la variabilité les indices de nutrition sur la zone de la Plaine des Cafres

Indice	Campagne 1994-96		Campagne 2001		Effet		
	Saison sèche	Saison des pluies	Saison sèche	Saison des pluies	Campagne ¹	Saison ¹	Saison * Campagne ¹
IN ²	74,1±21,49	72,0±23,20	89,9±18,09	80,0±19,29	***	NS	NS
IP ²	57,0±14,66	62,0±15,46	63,8±14,44	71,5±19,46	***	**	NS
IK ²	109,5±45,2	134,3±32,89	129,2±36,00	144,5±35,5	**	***	NS

¹ NS : Non significatif ; * : 0,01<p≤0,05 ; ** : 0,001<p≤0,01 ; *** : p<0,001

² Moyenne ± Ecart-type

Globalement, sur cette zone, on observe une augmentation des indices de nutrition. La moyenne des IN augmente respectivement de 10% et 18% en saison des pluies et en saison sèche. L'IP s'accroît également, mais plus faiblement (7% en saison des pluies et 9% en saison sèche). L'IK reste stable en saison des pluies en moyenne, bien que ses valeurs extrêmes augmentent et s'accroissent de 17% en saison sèche, en moyenne. Ces indices représentent le niveau de nutrition des plantes. En 2001, ils sont supérieurs, ceci signifie que les apports en engrais sont, soit plus importants, soit mieux valorisés par une consommation d'herbe mieux gérée. Pour le potassium, on remarque que, que les niveaux de nutrition restent en moyenne encore supérieurs aux besoins tout comme cela avait déjà été montré lors de la précédente campagne, c'est une tendance lourde héritée d'une situation passée. Pour le phosphore, à l'origine en forte carence, la nutrition s'améliore significativement.

1.4.1.2. Les indicateurs de gestion du pâturage tournant

La hauteur d'herbe est le critère qui a été sélectionné pour caractériser le fonctionnement du pâturage tournant. Huit variables sont prises en compte, en fonction de la saison, de la campagne floristique considérée et de la hauteur d'herbe elle-même. On considèrera les hauteurs d'herbes maximales et minimales qui sont représentative du bon fonctionnement des rotations. Des hauteurs d'herbes trop faibles caractérisent une surexploitation du pâturage. Dans ce cas, la repousse sera plus difficile car les réserves de la plante peuvent être trop sollicitées et l'indice foliaire trop réduit. A l'opposé, des hauteurs trop fortes sont la conséquence d'une sous-exploitation des prairies et donc d'une diminution de la valeur alimentaire des plantes (consommation à un stade trop tardif).

Afin de visualiser l'évolution des hauteurs d'herbe sur la Plaine des Cafres entre les deux campagnes floristiques, des analyses de la variance ont été réalisées. Le tableau de données contient les 87 lignes-parcelles. Les facteurs de l'analyse sont la campagne floristique (2 modalités 1994-96 et 2001) et la saison (2 modalités saison sèche et saison des pluies). Il existe un appariement entre les données des deux campagnes, la hauteur d'herbe de la même année étant mesurée à deux temps différents, nous en tiendrons compte dans l'analyse. (Tableau 15 et annexe 10).

Tableau 13 : Analyse de la variabilité les indices de hauteurs d'herbes minimales et maximales sur la zone de la Plaine des Cafres

Hauteur d'herbe	Campagne 1994-96		Campagne 2001		Effet		
	Saison sèche	Saison des pluies	Saison sèche	Saison des pluies	Campagne ¹	Saison ¹	Intra-station ¹
min	5,9±4,80	10,8±9,36	8,9±2,49	13,5±6,16	***	***	NS
max	9,5±8,13	13,6±10,73	12,3±5,18	15,5±6,26	*	***	NS

¹ NS : Non significatif ; * : 0,01<p≤0,05 ; ** : 0,001<p≤0,01 ; *** : p<0,001

² Moyenne ± Ecart-type

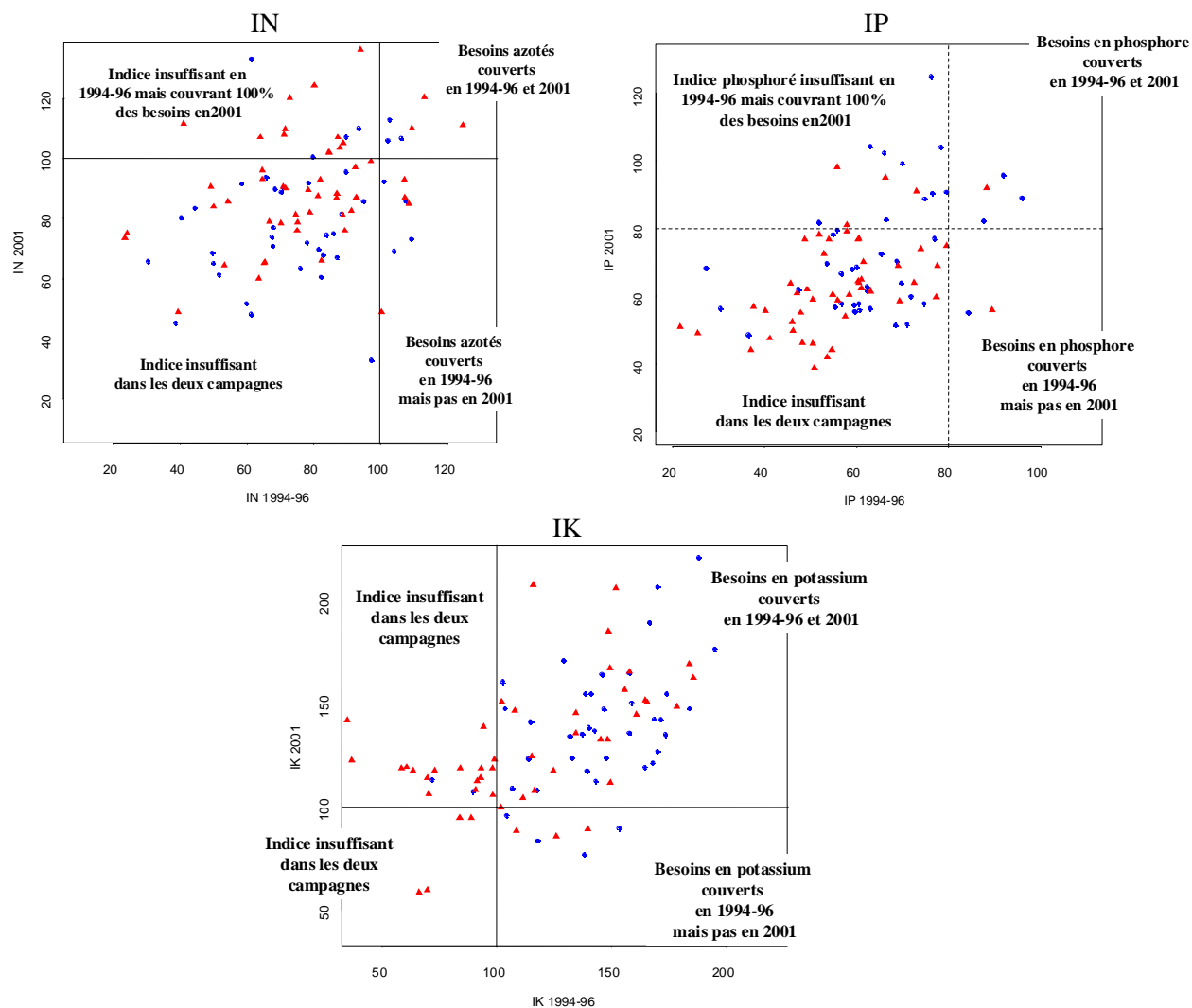


Figure 8 : Comparaison des indices de nutriments (IN: Indice de nutrition azoté, IP : Indice de nutrition en phosphore, IK : Indice de nutrition en potassium) relevés au moment des deux campagnes floristiques (1994-96 et 2001). Chaque point correspond aux valeurs de l'indice d'une même parcelle. Les points sont séparés en fonction de la saison (● : Saison des pluies, ▲ : Saison des pluies)

On observe pour les deux types de hauteur d'herbe un effet saison et un effet campagne. Nous ne notons pas d'effets dus à l'appariement des données. L'effet campagne est beaucoup plus marqué dans le cas des hauteurs d'herbes minimales. Globalement, il semble qu'il y ait une augmentation des hauteurs d'herbe sur cette zone quelque soit la saison entre les deux campagnes. Il semble donc que nous ayons un changement de pratique à ce niveau. Les éleveurs semblent diminuer le surpâturage (les hauteurs d'herbe minimales augmentent). Par contre, les hauteurs d'herbes maximales s'accroissent aussi, ce qui pourrait correspondre à une augmentation de la fertilisation.

1.4.2. Typologie de l'évolution des pratiques des éleveurs de la Plaine des Cafres

Les résultats du questionnaire pour les éleveurs de la plaine des Cafres sélectionnés préalablement sont analysés au moyen de l'analyse des correspondances multiples. Ce questionnaire vise à mettre en évidence un changement dans les pratiques des éleveurs entre les deux campagnes floristiques (1994-96 et 2001). Les questions posées étaient à l'échelle de la parcelle. Les variables conservées pour cette analyse sont présentées dans l'annexe 11, soit 38 lignes-parcelles et 10 colonnes variables.

Les quatre premiers axes de l'AFCM sont conservés, soit 81% de l'inertie du tableau de départ. Une CAH est réalisée sur les coordonnées des individus dans les axes conservés de l'analyse. Quatre groupes sont identifiés (Tableau 16).

Tableau 14 : Caractéristiques des différents groupes issus de la CAH suivant l'AFCM du questionnaire

Groupe	Modalités caractéristiques des groupes
1	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Augmentation des temps de séjour ▪ Diminution des intervalles entre les passages
2	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Augmentation des apports d'engrais, surtout en saison sèche
3	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Diminution des apports d'engrais ▪ Pratique du chaulage
4	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pratique du chaulage ▪ Augmentation du chargement

Sur le premier axe, on trouve une opposition entre les exploitations n'ayant pas modifié leurs critères de rotation et celles où l'on peut voir une augmentation du temps de séjour et une diminution de l'intervalle entre les séjours pour les deux saisons. L'axe deux s'oriente plus vers les pratiques d'entretien du pâturage avec d'un côté des parcelles où l'ajout d'engrais n'a pas été modifié et de l'autre, celles où l'on peut voir une diminution des apports d'engrais. Sur cet axe, on observe également une forte contribution de la variable girobroyage. L'axe 3 correspond à une opposition entre une augmentation de l'engrais en saison sèche et une absence de chaulage d'un côté entre les deux périodes, et pas de modification de l'apport d'engrais en saison sèche et chaulage de l'autre.

Les parcelles se répartissent au sein de 4 groupes définis au moyen d'une classification ascendante hiérarchique (utilisant la méthode de Ward). Celles du groupe 1 se localisent vers la partie supérieure de l'axe 1. Elles sont caractérisées par une augmentation des temps de séjour et une diminution des intervalles entre deux passages d'animaux pour les deux saisons. A l'opposé sur le premier axe, on trouve le groupe 2. Dans ce groupe on observe peu de modification des pratiques de rotation, et une augmentation de l'apport d'engrais en saison sèche surtout et en saison des pluies. Le groupe 3 s'étale dans la partie supérieure de l'axe 3. On peut y déceler une diminution des apports d'engrais entre les deux campagnes et une utilisation du chaulage pour une majorité des parcelles. Enfin, le groupe 4 est caractérisé par l'utilisation du chaulage ainsi que par une augmentation du chargement entre les deux périodes (Figure 20).

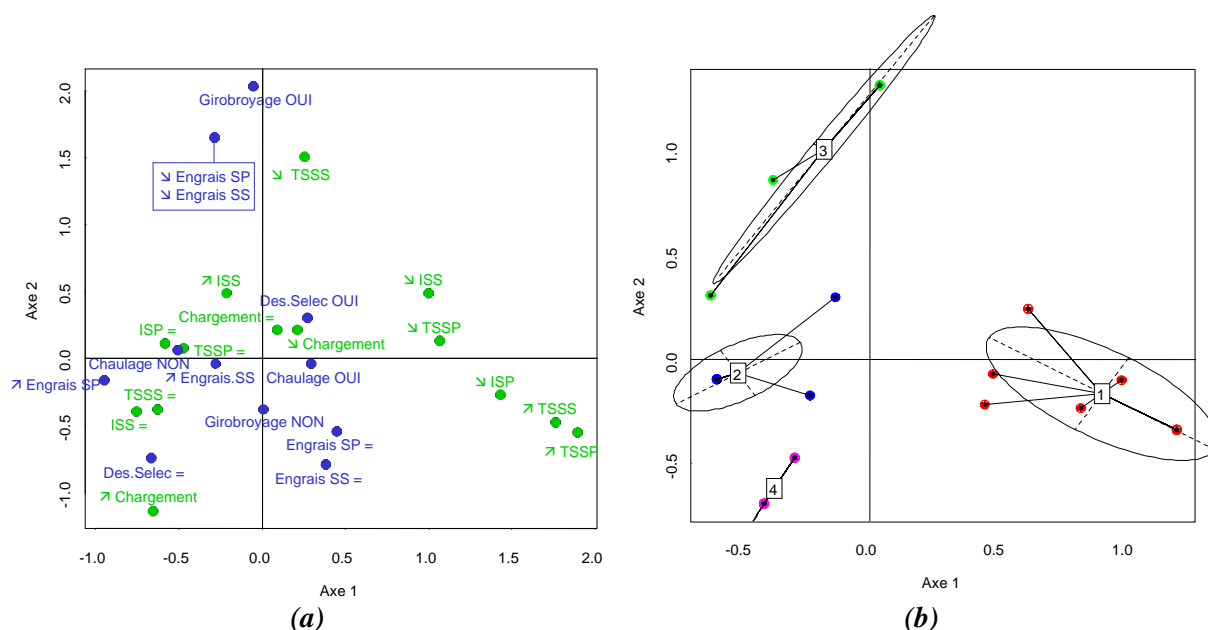


Figure 9 : Projection des modalités des variables et des individus dans le plan principal de l'AFCM. Les différents groupes de parcelles issues de la CAH sont regroupés par des ellipses (b). Les modalités en bleu regroupent les pratiques relatives à l'entretien des parcelles et celles en vert au système de gestion du troupeau (les signes =, ↗ et ↘ signifient respectivement que la modalité ne varie pas, qu'elle augmente ou qu'elle diminue)

Un des objectifs de ce stage était de mettre en relation les pratiques des éleveurs avec les évolutions de la flore prairiale. Toutefois, comme nous l'avons vu, les données disponibles ne permettent pas la réalisation de méthodes statistiques de couplages de tableaux. Aussi afin d'essayer de palier à ce problème nous comparerons les groupes obtenus en 2001 et déjà utilisés pour l'interprétation de l'analyse de co-inertie concernant l'évolution de la flore prairiale entre 1994-96 et 2001 (Figure 21).

1.4.3. Mise en relation des pratiques et de l'évolution de la flore prairiale

Si l'on considère les groupes issus de l'ACM au niveau de la parcelle du questionnaire et que l'on replace les stations correspondantes à ces différents groupes dans le plan de l'analyse de co-inertie des données de la Plaine des Cafres, nous obtenons la Figure 21.

On remarque tout d'abord que les groupes se positionnent différemment dans le plan de co-inertie. Les groupes 1 et 2 se localisent à droite de l'axe 1, alors que le groupe 3 se situe à gauche. Le groupe 4 se situant au centre, son interprétation est plus difficile.

Les parcelles du groupe 1 subissant une « exploitation plus intensive » se retrouve donc dans la zone des graminées tempérées et de la flouve (à droite de l'axe 1). On y remarque deux stations particulières (flèches se déplacent vers la gauche) caractérisées par une augmentation des graminées cultivées (surtout le kikuyu), du *Rumex* et du *Sporobolus indicus*. A l'opposé, on retrouve des avec une augmentation de la flouve et des graminées tempérées, ainsi que du *Rumex*, et une diminution de *Sporobolus indicus* et des *Eragrostis*. Cette opposition est difficile à expliquer par les relevés de pratiques disponibles actuellement.

Le groupe 2 (éleveurs utilisant beaucoup d'engrais), toujours dans la partie « graminées tempérées et flouve » présente des stations qui sont, dans l'ensemble, moins dégradées que celles du groupe 1 (plus dans la partie positive de l'axe 2). Dans ces stations on peut voir une augmentation des adventices telles que le *Rumex*, mais également de graminées non cultivées comme la danthonie ou d'espèce appartenant à la flore d'origine (fougère, mousse, ...), les graminées évoluant peu dans cet ensemble.

Le groupe 3, des parcelles, présentes chez des éleveurs ayant diminué leur consommation d'engrais et pratiquant le chaulage sont implantées avec du kikuyu. L'ensemble est assez homogène, les flèches sont courtes, d'où une composition similaire entre les deux tableaux

Le groupe 4 caractérisé par une augmentation du chargement est plus difficile à interpréter, pour deux raisons, tout d'abord, il se trouve au centre du plan, de plus, les flèches n'ont pas de sens particulier.

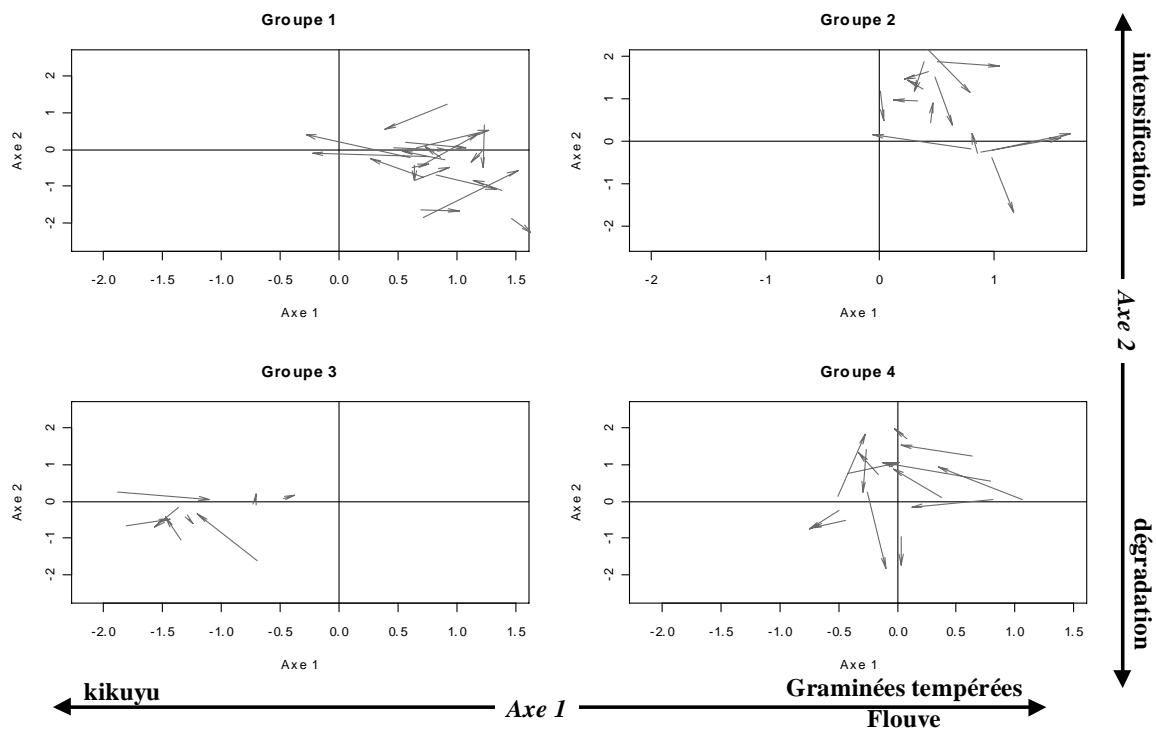


Figure 10 : Projection de l'évolution des stations dans le plan principal de l'analyse de co-inertie réalisé sur la Plaine des Cafres entre les deux campagnes. Le multi-fenêtrage est réalisé en fonction des groupes issus de la typologie des éleveurs réalisée à partir du questionnaire. La signification des axes est présentée par des flèches aux extrémités de la figure. Les flèches courtes dans les différents graphiques indiquent une composition floristique similaire entre les deux années alors que les flèches longues reflètent le changement

La mise en relation de l'évolution de la flore prairiale et des groupes issus de la typologie des parcelles permet de décrire de grandes lignes d'évolution, mais cette description reste globale.

Nous pouvons également mettre en relation la typologie des pratiques par parcelle avec les évolutions déterminées par comparaison des AFC sur la Plaine des Cafres (Figure 22).

Les prairies à graminées tempérées ou kikuyu des éleveurs « fertilisant plus » (groupe 2) sont caractérisées par une diminution des adventices et une augmentation du kikuyu, alors que les prairies naturelles à Flouve de ces mêmes éleveurs ont une tendance plus forte vers la dégradation (avec diminution de la Flouve). On peut penser que l'apport d'engrais sur les prairies intensives favorise les graminées cultivées, alors que sur les prairies naturelles, les graminées sont moins exigeantes et l'engrais favorise la pousse des adventices nitrophiles tel que le *Rumex*.

Les pâturages naturels du groupe des éleveurs utilisant plus fréquemment et plus longtemps les parcelles, donc en caractérisés par « exploitation plus intensive » des prairies (groupe 1 de l'AFCM) ont, comme précédemment une tendance à la dégradation, alors que leurs prairies à graminées tempérées, déjà bien envahies par le *Rumex* lors de la première campagne voit leur population de graminées augmenter.

Les « faibles utilisateurs d'engrais » qui diminuent leur consommation d'engrais entre les deux campagnes et pratiquent le chaulage voient leur prairie à kikuyu se dégrader, notamment à cause du *Rumex*. Le *Sporobolus indicus* et le *Solanum mauritanium* déjà fortement présents en 1994-96 restent inchangé. Ce type de pratique ne semble donc pas favorable aux graminées et favorise le *Rumex*. De plus elle ne permet pas de réduire un envahissement préexistant par *S. indicus* ou *S. mauritanium*.

Enfin, les prairies à kikuyu des éleveurs ayant un « chargement augmenté » et pratiquant le chaulage semblent subir un envahissement soit par le *Rumex*, soit la le jonc (*Juncus effusus*), avec une diminution des graminées tempérées éventuellement présentes. Le kikuyu quant à lui reste dominant sur ces prairies.

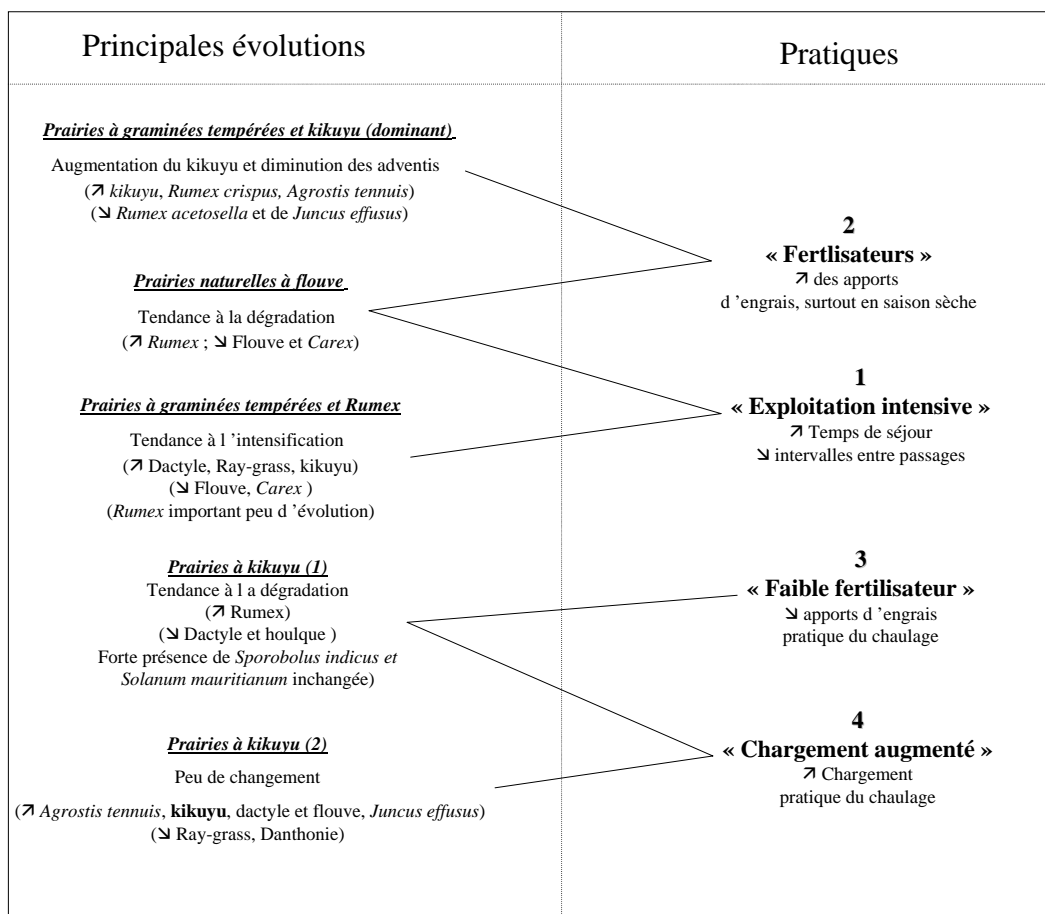


Figure 11 : Mise en relation des principales évolutions déterminées par les AFC réalisées sur les tableaux phytosociologiques de la plaine des Cafres et mise en relation avec les groupes obtenus par la typologie des pratiques (au niveau de la parcelle).

1.4.4. Conclusion

Dans cette partie nous avons essayé de mettre en relation l'évolution de la flore prairiale avec les changements de pratiques des éleveurs. Toutefois, les données disponibles ne nous permettent pas de dégager des relations claires, les variables caractérisant les pratiques n'ayant pas été relevées dans le but de notre étude..

Il est donc difficile à ce niveau de traitement de dégager des relations précises liant les pratiques des éleveurs et l'évolution de la flore prairiale. Dans le cadre de ce travail, seules des tendances peuvent être avancées, nous ne pouvons aller au-delà. Elles constituent des bases à préciser.

2. Discussion

Ce travail avait trois objectifs principaux :

- réaliser une analyse diachronique de la dynamique floristique de la végétation des prairies sur la base des relevés floristiques effectués en 1994 et 1996
- identifier des pratiques responsables de la pérennité de la flore ou de sa dégradation et les espèces les plus sensibles aux changements
- faire des propositions pour la réalisation d'un outil simplifié de diagnostic floristique pour une aide à la gestion des prairies complétant les outils actuels.

Ce stage étant basé sur des informations déjà collectées, la première partie s'est donc structurée autour de la collecte des données préexistantes et de leur organisation au sein d'une base de données. La réalisation d'un questionnaire sur les pratiques des éleveurs, portant sur les exploitations est venu compléter les données disponibles. Ces 2 étapes de bases ont permis au cours du stage de réexaminer les hypothèses et les méthodes envisagées au départ en les adaptant aux données réellement exploitables. L'organisation de la base de données a ainsi constitué une étape assez lourde mais indispensable à la mobilisation de données provenant d'époques et d'auteurs différents. Elle a permis de passer à la phase d'analyse proprement dite de ces données et de calibrer ce qui était réalisable au cours de ce stage. Cette étape ayant mobilisé une partie importante du temps disponible, nous n'avons pu explorer qu'une partie des données mais en apportant une démarche et des méthodes qui seront remobilisables pour un travail ultérieur.

L'analyse diachronique de la végétation prairiale s'est faite en deux temps. Nous souhaitons mettre en évidence l'évolution sur l'ensemble des relevés de l'île (4 zones : Hauts de l'ouest, Hauts de l'est, Hauts de Saint-Joseph et Plaine des Cafres). Toutefois, les résultats obtenus montrant une forte hétérogénéité entre les différentes zones structurant l'analyse, nous avons choisi de travailler sur la zone particulière de la Plaine des Cafres. Ce choix était aussi dicté par le fait qu'il s'agit de la zone principale d'élevage sur l'île de la Réunion. Cette analyse a été réalisée selon deux méthodes : une couplant la description de deux analyses factorielles des correspondances, et l'autre par analyse de co-inertie a permis de mettre en évidence des évolutions entre les deux campagnes floristiques. Les informations obtenues nous donnent des indices sur l'évolution de la flore, mais cette dernière semble assez hétérogène, même au sein d'une zone géographique restreinte. Cette hétérogénéité est notamment due à la multitude de facteurs à prendre en compte pour considérer l'évolution de la flore dans son ensemble (facteur de milieu, facteurs anthropiques).

Le deuxième objectif était la mise en relation des résultats de l'analyse précédente avec les facteurs de milieu et de pratique. En recentrant notre analyse sur une zone plus faible pour travailler sur une végétation plus homogène, nous avons perdu la variabilité qui aurait été nécessaire à une prise en compte des données météorologiques. (1 station de relevées météorologique pour toute la zone de la Plaine des Cafres). Nous nous sommes donc intéressés à l'évolution des principales composantes du milieu que sont la pluviométrie et la température. Les résultats obtenus semblent nous indiquer qu'il y a de faibles variations, surtout de pluviométrie.

Pour la mise en relation de l'évolution floristique avec les pratiques agricoles des éleveurs, nous disposons de suivis pour un nombre restreint d'exploitation et de mesures d'indices synthétiques caractérisant le fonctionnement des pâturages. L'exploitation des indices d'un point de vue explicatif de l'évolution de la flore n'a pas été possible compte tenu du nombre de données disponible. Nous avons uniquement regardé leur évolution et pu, notamment mettre en évidence une augmentation des indices de nutriments sur la zone de la Plaine des Cafres, donc un apport d'engrais plus important ou mieux géré. Le questionnaire réalisé chez les éleveurs dont les parcelles avaient été utilisées pour la réalisation des mesures floristiques nous a permis de réaliser une typologie des parcelles. Cette typologie, couplée aux résultats de l'analyse de co-inertie de l'évolution de la flore prairiale nous permet de mettre en relation les pratiques et la flore mais manque probablement de précision pour la

réalisation d'un diagnostic floristique. Nous avons également pu initier l'identification d'espèces "sensibles" pouvant être mobilisées dans le cadre d'un outil simplifié de diagnostic floristique. Notre travail a par ailleurs été utilisé pour constituer une liste d'espèces pour une future "flore des pâturages de la Réunion".

L'ensemble de nos résultats reste certes encore incomplet par rapport aux questions posées mais nous semblent en rapport avec le cadre et la durée d'un tel exercice. Nous avons pu établir des bases de travail intéressantes et contribuer ainsi à l'objectif plus général de réalisation d'un diagnostic floristique fonctionnel au sein du conseil en gestion des prairies de l'UAFP, complétant les outils actuels.

3. Conclusion

L'axe structurant de ce travail consistait à analyser l'influence du "conseil en gestion des prairies" de l'UAFP sur les dynamiques floristiques des pâturages. Les résultats qui en sont issus sont une contribution à la question complexe des processus d'évolution floristique des écosystèmes prairiaux. Ils complètent les travaux effectués à la Réunion par des approches et des méthodes complémentaires.

L'approche diachronique de la végétation prairiale au niveau de la station (relevés phytosociologiques), nous a permis de dégager de grandes tendances sur l'évolution des prairies en montrant qu'il existe dans certaines situations des évolutions significatives de la flore prairiale sur un intervalle de temps de plus de 5 ans. La typologie des parcelles effectuée à partir de l'enquête transversale, nous a permis d'individualiser des groupes de parcelles dans les quelles les pratiques sont proches et l'évolution de la flore suit généralement une tendance, mais elle reste. L'hypothèse de l'influence des changements de pratiques (dans le sens ou non de celui des conseils de l'UAFP) est vérifiée dans quelques situations mais reste à développer et à généraliser.

Ce travail a donc permis d'avancer sur les questions posées en vue de la conception d'un outil de diagnostic floristique suffisamment fonctionnel pour être intégré au service d'appui à la gestion des pâturages de l'UAFP. Afin de travailler sur une zone homogène, nous nous sommes concentrés sur une zone géographique particulière. Les autres zones d'élevage de l'île, notamment les Hauts de l'ouest (données nombreuses) doivent également être soumis à ce type d'analyse pour établir l'évolution spécifique de ces zones. Une analyse comparative entre zones permettra alors de voir si on peut dégager des tendances générales montrant l'influence des facteurs anthropiques sur la flore.

Nous avons ici, travaillé sur les relevés effectués au niveau de la station (sous-ensemble de la parcelle). Toutefois des relevés sont disponibles au niveau de l'entité parcelle elle-même. Leur analyse et leur couplage avec la typologie réalisée ici pourraient permettre de compléter les tendances détectées ici.

BIBLIOGRAPHIE

Livres

- Blanfort V. (2000). Le contexte écologique. In: Mandret Gilles, L'élevage bovin à la Réunion. Synthèse de quinze ans de recherche. Collection Repères. Edition du CIRAD, 391p.
- Blanfort V., Thomas P., Fontaine O., Rivière E (2000). La gestion agroécologique des prairies. In: Mandret Gilles, L'élevage bovin à la Réunion. Synthèse de quinze ans de recherche. Collection Repères. Edition du CIRAD, 391p.
- Escouffier Y. (1987). The duality diagram : a means of better practical applications. In : Legendre P. et Legendre L., Development editor, p. 139-156
- Guinochet M. (1973). Phytosociologie. Collection d'écologie. Masson et Cie, Paris, 277p.
- Manly B. F. J. (1987). Randomization, Bootstrap and Monte Carlo Methods in Biology. Chapman & Hall, 424p.
- Saporta G. (1990). Probabilités, Analyse de données et Statistiques. Technip, 493p.

Articles

- Allen T.F.H. (1987). Hierarchical complexity in ecology : a noneuclidean conception of data space. *Végétation*, 69, 17-25
- Blandin P. (1986). Bio-indicateurs et diagnostic des systèmes écologiques. *Bulletin d'Ecologie*, 17, 4, 215-307
- Chessel D., Dufour A.B et Thioulouse J. (2003). The ade4 package. *R News*, submitted
- Daget P. et Poissonnet J. (1971). Une méthode d'analyse phytosociologique des prairies. Critère d'application. *Annales Agronomiques*, 22, 4-41
- numerical ecology. NATO advanced Institute , Serie G .Springer Verlag, Berlin.
- Franquet E. et Chessel D. (1994). Approche statistique des composantes spatiales et temporelles de la relation faune-milieu. *Comptes rendus hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences*, 317, 202-206
- Heo, M. et Gabriel, K.R. (1997). A permutation test of association between configurations by means of the RV coefficient. *Communications in Statistics - Simulation and Computation* , 27, 843-856
- Ihaka R. et Gentleman R. (1996). R : A language for data analysis and graphics. *Journal of Computational and Graphical Statistics* 5, 299-314
- Legay J.M. (1986). Méthodes et Modèles dans l'étude des systèmes complexes. *Les cahiers de la recherche développement*, 11, 1-6
- Legendre L. et Legendre P. (1984). *Ecologie numérique. 1. Le traitement des données écologiques*. 2^e édition. Collection d'écologie. 1, Masson, Presses de l'université du Québec, Paris, 260p.
- Petit J.M. (2002). Cheptel et production de lait en forte croissance. *Economie de la Réunion*, 3^e trimestre 2002, 6-7
- Thioulouse J., Chessel D., Dolédec S. et Olivier J.M. (1997). ADE-4 : a multivariate analysis and graphical display software. *Statistics and Computing*, 7, 75-83.
- Van Andel J. et Van Den Bergh J.P. (1987). Disturbance in grasslands. Outline of the theme. *Disturbance in grasslands*. Geobotany. 1, Dr. Junk Publishers, Dordrecht, 3-13

Littérature grise ou rapports internes

- Balent G. (1987). Structure, fonctionnement, et évolution d'un système pastoral. Le pâturage vu comme un facteur écologique piloté dans les Pyrénées centrales. Thèse Doct., 146 p., Université de Rennes I
- Balent G. (1992). Dossier de directeur de recherche de 2^e classe. INRA/URSA, Toulouse, 12p.
- Blanc L. (2000). Données spacio-temporelles en écologie et analyses multitableaux : examen d'une relation. Thèse Doct., 266p., Université de Lyon I
- Blanfort V. (1998). Agroécologie des pâturages d'altitude à l'île de la Réunion. Thèse Doct., 299p. Université de Paris-Sud

- Blanfort V., Balent G., Thomas P., Fontaine O. (2000). Diagnostic agro-écologique des pâturages d'altitude en relation avec les pratiques des éleveurs. CIRAD/EMVT Réunion p1-6.
- Brau-Nogue C. (1996). Dynamique des pelouses d'alpages laitiers des Alpes du Nord Externes. Thèse de 3^e cycle, 166p., Université J. Fourier Grenoble
- Cadet T. (1980). La végétation de l'île de la Réunion. Saint-Pierre, Réunion, Cazal, 304p.
- Maillot N. (2001). Typologie descriptive de la végétation prairiale d'altitude de l'île de la Réunion. Mémoire de DESS, 54p., Université Paris XII
- Rivals P. (1952). Etudes sur la végétation naturelle de l'île de la Réunion. Thèse Doct., 214p. Université de Toulouse
- Thomas P. (1994). Elaboration d'un référentiel floristique pour la caractérisation agro-écologique des pâturages d'altitude de l'île de la Réunion. Mémoire de DESS, 101p. Université Paris XII

Site internet

1. Climat et hydrologie – Etude climatique (page consultée le 10 avril 2003)
<http://www.enseeiht.fr/hmf/travaux/CD9598/travaux/optsee/bei/nome41/n41p03.htm>

LISTE DES FIGURES

- Figure 1 : Carte géographique de l'île de la Réunion..... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 2 : Carte de la répartition des températures sur l'île de la Réunion (site internet 1)..... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 3 : Carte de la pluviométrie sur l'île de la Réunion en saison des pluies (a) et en saison sèche(b) (site internet 1) **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 4 : Zonation altitudinale de la végétation de la Réunion (Rivals, 1952, Cadet, 1980, Thomas, 1994)..... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 5 : Evolution de la production laitière entre 1980 et 2001 **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 6 : Utilisation de descripteurs de fonctionnement dans une démarche de diagnostic du fonctionnement des systèmes écologiques (d'après Blandin 1986, modifié par Balent 1992). **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 7 : Répartition des différentes exploitations étudiées (Maillot, 2001)**Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 8: Indicateurs mobilisés pour le diagnostic des systèmes écologiques prairiaux d'altitude à la Réunion (Blanfort, 1998) **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 9 : Principe des analyses à un tableau utilisées (adapté de Blanc, 2000)**Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 10 : Principe de l'analyse de co-inertie (d'après Blanc, 2000) **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 11 : Principe des analyses sur variable instrumentale..... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 12 : Méthode pour la recherche des stations communes aux deux campagnes de relevés..... 3
- Figure 13 : Projection des stations dans les plans 1-2 et 3-4 de l'analyse suivie une classification hiérarchique ascendante. Les nœuds de la CAH donnent une cassure après 3 groupes (A) indiqués dans le plan principal (B) et le plan 3-4 (C) sur les graphiques de projection des stations. Les nuages de points par année des stations sur les mêmes plans sont présentés en D et F. 5
- Figure 14 : Projection des 118 stations dans le plan principal des ACP des tableaux phytosociologiques 1994-96 (a) et 2001 (b) en codage abondance-dominance. Les espèces de graminées dominantes des différentes stations sont présentées par des ellipses (K : kikuyu, T : graminées tempérées, C : chloris, H : houlque, F : flouve) 6
- Figure 15 : Projection des axes d'inertie de l'ACP centrée du tableau phytosociologique des années 1994-96 codage Braun-Blanquet (a) et de l'ACP du tableau phytosociologique 2001 codage Braun-Blanquet (b) dans le plan principal de co-inertie..... 7
- Figure 16 : Projection des stations dans le plan principal de l'AFC du tableau phytosociologique 1994-96 (67 stations, 53 espèces) (a) et 2001 (67 stations, 47 espèces) (b). Les différents groupes issus de la CAH sont présentés de couleur différente et les zones par des symboles (● : hauts du Tampon, ■ : Nez de Bœuf, ▲ : Biberon)..... 11
- Figure 17 : Projection des stations dans le plan principal de l'ACP du tableau phytosociologique 1994-96 (67 stations, 53 espèces) (a) et 2001 (67 stations, 47 espèces). Les différents groupes issus de la CAH sont présentés de couleur différente et les zones par des symboles (a) (● : hauts du Tampon, ■ : Nez de Bœuf, ▲ : Biberon)..... 11
- Figure 18 : Evolution des températures en saison sèche ou en saison des pluies pour les trois campagnes floristiques (chaque point correspond à une moyenne par mois des deux années précédentes)..... 31
- Figure 19 : Comparaison des indices de nutriments (IN: Indice de nutrition azoté, IP : Indice de nutrition en phosphore, IK : Indice de nutrition en potassium) relevés au moment des deux campagnes floristiques (1994-96 et 2001). Chaque point correspond aux valeurs de l'indice d'une même parcelle. Les points sont séparés en fonction de la saison (● : Saison des pluies, ▲ : Saison des pluies) 29
- Figure 20 : Projection des modalités des variables et des individus dans le plan principal de l'AFCM. Les différents groupes de parcelles issues de la CAH sont regroupés par des ellipses (b). Les modalités en bleu regroupent les pratiques relatives à l'entretien des parcelles et celles en vert au

système de gestion du troupeau (les signes =, ↗ et ↘ signifient respectivement que la modalité ne varie pas, qu'elle augmente ou qu'elle diminue).....	35
Figure 21 : Projection de l'évolution des stations dans le plan principal de l'analyse de co-inertie réalisé sur la Plaine des Cafres entre les deux campagnes. Le multi-fenêtrage est réalisé en fonction des groupes issus de la typologie des éleveurs réalisée à partir du questionnaire. La signification des axes est présentée par des flèches aux extrémités de la figure. Les flèches courtes dans les différents graphiques indiquent une composition floristique similaire entre les deux années alors que les flèche longue reflètent le changement	36
Figure 22 : Mise en relation des principales évolutions déterminées par les AFC réalisées sur les tableaux phytosociologiques de la plaine des Cafres et mise en relation avec les groupes obtenus par la typologie des pratiques (au niveau de la parcelle).....	37

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Echelle d'abondance dominance de Braun- Blanquet (Guinochet, 1973) Erreur ! Signet non défini.	
Tableau 2 : Exploitations considérées au cours de l'étude.....	Erreur ! Signet non défini.
Tableau 3: Caractéristiques des différentes tables de la base de donnée « base_paturage_reunion ».....	2
Tableau 4 : Nombre de stations communes aux différentes zones.....	4
Tableau 5 : Résumé des analyses effectuées sur les tableaux phytosociologiques 1994-96 et 2001 avec les différents codages	6
Tableau 6 : Caractéristiques des différents groupes de la CAH suivant l'AFC du tableau phytosociologique de 1994-96 codage abondance dominance (67 stations 53 espèces).....	8
Tableau 7 : Caractéristiques des différents groupes issus de la CAH suivant l'ACP du tableau phytosociologique codage Braun-Blanquet (67 stations 53 espèces).....	9
Tableau 8 : Caractéristiques des différents groupes de la CAH suivant l'AFC du tableau stations-espèces 2001 codé en abondance-dominance (67 stations 47 espèces).....	9
Tableau 9 : Caractéristiques des différents groupes de la CAH suivant l'ACP du tableau stations-espèces 2001 codé en abondance-dominance (67 stations 47 espèces).....	10
Tableau 10 : Correspondance entre les groupes obtenus lors des typologies réalisées avec les AFC des tableaux phytosociologiques 1994-96 et 2001 codés en abondance- dominance.....	29
Tableau 11 : Evolution du nombre de jours où la température est supérieure à 17°C. Les données sont des moyennes calculées sur le cumul des deux années précédentes	31
Tableau 12 : Pluviométrie (mm) lors des différentes campagnes	31
Tableau 13 : Nombre de jours secs lors des différentes campagnes (les données sont des moyennes des cumuls de jours secs par saison au cours des 2 saisons précédent les relevés)	32
Tableau 14 : Analyse de la variabilité les indices de nutrition sur la zone de la Plaine des Cafres	33
Tableau 15 : Analyse de la variabilité les indices de hauteurs d'herbes minimales et maximales sur la zone de la Plaine des Cafres	33
Tableau 16 : Caractéristiques des différents groupes issus de la CAH suivant l'AFCM du questionnaire	34
Tableau 17 : Variables et modalités de l'AFCM.....	Erreur ! Signet non défini.